

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Otimização da Rede de Recolha de Resíduos de Equipamentos Elétricos
e Eletrónicos**

Gonçalo Pedro Duro Fernandes

Relatório de Estágio orientado pelo Prof. Doutor Nuno Marques da Costa

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial
aplicados ao Ordenamento

2017

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



Otimização da Rede de Recolha de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

Gonçalo Pedro Duro Fernandes

Relatório de Estágio orientado pelo Prof. Doutor Nuno Marques da Costa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Margarida Maria de Araújo Abreu Vilar de Queirós do Vale do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;

Vogais:

- Professor Doutor Fernando Jorge Pedro da Silva Pinto da Rocha, do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa
- Professora Doutora Cristina Delgado Henriques, da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa
- Professor Doutor Nuno Manuel Sessarego Marques da Costa, do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

2017

AGRADECIMENTOS

O presente relatório de estágio é o resultado do trabalho e apoio de várias pessoas e instituições, o meu pensamento e apreciação são para todos eles.

Gostaria de agradecer ao Professor Nuno Marques da Costa por a sua visão pessoal e empenho em trabalhos de ensino e pesquisa no Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. O seu apoio aos estudantes e pesquisadores ao longo dos anos, proporcionou muitas oportunidades para o desenvolvimento do conhecimento e a melhoria da qualidade dos padrões de vida. Gostaria de agradecê-lo, como supervisor, pelas contribuições sempre assertivas e sábias feitas para o desenvolvimento deste relatório.

O estudo começou por ser desenvolvido no Departamento de Fluxos Específicos de Resíduos da Agência Portuguesa do Ambiente, por esse motivo quero expressar o meu agradecimento a todas as pessoas que fazem parte desta equipa. Em especial à sua Diretora, a Doutora Ana Sofia Vaz pela forma afetuosa como me recebeu, acolheu e tratou desde o começo do estágio, além do empenho em proporcionar toda a informação necessária para sucesso da investigação.

Obrigado pela sabedoria de todas as professoras e professores de Mestrado, a cooperação essencial de toda a equipa administrativa da Escola, sem a qual não funciona. A todos os colegas e amigos de curso por o incentivo e entusiasmo na superação dos desafios.

O amor dos meus familiares e à maioria dos que contribuíram para a concretização deste trabalho e não mencionei, mas que não é por isso que são esquecidos. Gratias ago Deo meo.

ÍNDICE GERAL

ACRÓNIMOS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUÇÃO	1
Contexto do estágio.....	4
CAPÍTULO I- ABORDAGEM AOS RESÍDUOS ELÉTRICOS E ELETRÓNICOS	7
1. O que são os REEE? – Quais as categorias que os compõem?	7
1.1 Implementação das Diretivas Europeias para a Gestão dos REEE nos Estados Membros	8
1.2 Gestão do fluxo específico REEE no âmbito nacional.....	10
1.3 Análise à rede de recolha REEE em Portugal - Caracterização das duas entidades gestoras	11
1.3.1 Produtores associados – Quantidades REEE declaradas e recolhidas	13
1.3.2 Quantidades recolhidas por categoria REEE.....	16
1.3.3 Distribuição geográfica dos locais de recolha	17
1.3.4 Quantidades recolhidas por NUTS III.....	20
1.3.5 Sistema de recolha Amb3e - Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos	23
1.3.6 Sistema de recolha ERP - Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos	26
1.4 Identificação da rede de recolha REEE no concelho de Lisboa	30
CAPÍTULO II- RELAÇÃO ENTRE GEOGRAFIA, RECOLHA E RECICLAGEM REEE.....	34
2. A reciclagem como objeto de estudo e de intervenção	34
2.1 Fatores determinantes para reciclar REEE.....	36
2.2 Espacialidade na recolha de REEE.....	40
2.2.1 Estudos de planeamento para instalação de pontos de recolha.....	42
2.3 A aplicação dos SIG aos sistemas de recolha	44
CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA DEPOSIÇÃO REEE NA CIDADE DE LISBOA.....	46
3. Recolha, seleção e análise da informação geográfica	46
3.1 Metodologia de análise	47
3.2 A área de estudo	49
3.3 Importância das variáveis para o estudo	51
3.4 Variáveis demográficas	55
a. Densidade populacional.....	55
b. Idade	57
c) Residentes com um curso superior.....	59
3.5 Variáveis ambientais	61

d)	Plano Diretor Municipal	61
e)	Quantidade de REEE recolhido (ano 2014)	63
3.6	Variáveis socioeconómicas	64
f)	Residentes empregados	64
g)	Valor imobiliário por freguesia	66
3.7	Aplicação de critérios de restrição – Método booleano	69
3.8	Avaliação das áreas aptas	71
3.9	Aptidão para deposição REEE com base nos critérios	73
3.10	Processo analítico hierárquico	86
3.10.1	Cálculo do potencial das áreas de recolha REEE	87
3.11	Potencial das áreas de aptidão	92
CAPÍTULO IV - OTIMIZAÇÃO DOS LOCAIS DE RECOLHA		95
4.	Análise de redes	95
4.1	Modelo de localização-alocação	96
4.1.1	Método de maximização da cobertura	100
4.2	Áreas de influência	103
4.3	Distribuição geográfica dos pontos de recolha por categoria REEE	107
Considerações finais		109
Bibliografia		112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha por município, em Portugal Continental, no ano 2014.	18
Figura 2 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha por município, no Arquipélago dos Açores, em 2014	19
Figura 3 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha por município, no Arquipélago da Madeira, em 2014.....	19
Figura 4 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha e quantidade de REEE recolhida em cada local Amb3e e ERP, na Área Metropolitana de Lisboa, em 2014.	20
Figura 5 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha e quantidade de REEE recolhida em cada local Amb3e e ERP, na Área Metropolitana do Porto, em 2014.	21
Figura 6 - Sistema integrado de gestão para resíduos elétricos e eletrónicos da Amb3e, 2015...	26
Figura 7 - Sistema integrado de gestão para resíduos elétricos e eletrónicos da ERP, 2015.	27
Figura 8 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha e quantidade de REEE recolhida em cada local Amb3e e ERP, no concelho de Lisboa, em 2014.	32
Figura 9 - Enquadramento geográfico do concelho de Lisboa.....	50
Figura 10 - Densidade populacional por subsecção estatística de Lisboa.	55
Figura 11 - Indivíduos residentes com idade entre 15 e 64 anos por subsecção estatística de Lisboa.....	58
Figura 12 - Indivíduos residentes com um curso superior completo por subsecção estatística de Lisboa.....	60
Figura 13 - Resumo da Planta de qualificação do espaço urbano da cidade de Lisboa.	62
Figura 14 - Quantidade de REEE depositado em cada ponto de recolha do concelho de Lisboa, em 2014.....	64
Figura 15 - Indivíduos residentes empregados por subsecção estatística de Lisboa.	65
Figura 16 - Valores médios para compra de habitação por freguesia na cidade de Lisboa	67
Figura 17 - Áreas restritas e áreas aptas (de acordo com os critérios no Quadro 16) para deposição de REEE no concelho de Lisboa.....	70
Figura 18 - Aptidão da qualificação do solo urbano, (PDM, carta produzida pelo IGP, 2007) para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.	74
Figura 19 - Aptidão da quantidade de resíduos elétricos e eletrónicos depositados em 2014 para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.	76
Figura 20 - Aptidão da densidade populacional para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.....	78
Figura 21 - Aptidão de residentes com curso superior para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.....	79
Figura 22 - Aptidão de residentes com idade entre 15 e 64 anos para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.....	81
Figura 23 - Aptidão de indivíduos residentes empregados para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.....	83
Figura 24 - Aptidão do valor de compra de habitação por freguesia para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.....	85
Figura 25 - Escala de Saaty (2008).....	88
Figura 26 - Potencial de deposição no concelho de Lisboa e localização dos pontos de recolha existentes em 2014.	92
Figura 27 - Tipos de análise de problemas possíveis com a ferramenta de Location-Allocation	99
Figura 28 - Introdução dos dados	100
Figura 29 - Configuração das propriedades da análise.	101
Figura 30 - Resultado obtido da análise à alocação-localização.....	101
Figura 31 - Determinação dos locais otimizados para deposição REEE.....	102
Figura 32 - Distância que um individuo se encontra disposto a percorrer para usufruir de determinado serviço.	104

Figura 33 - Áreas de influência das classes de aptidão elevadas e média (500m - a verde), baixa e muito baixa (800m - a vermelho).	105
Figura 34 - Distribuição geográfica das três tipologias de local de recolha, pelas áreas de aptidão para depositar REEE por parte da população.	108

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Percentagem da quantidade recolhida relativamente à quantidade declarada nas duas entidades gestoras, entre 2011 e 2016.	15
Quadro 2 - Quantidade de REEE recolhido por categoria legal em 2016.	16
Quadro 3 - Classificação da quantidade de REEE recolhido por NUTS III das duas EG e total nacional.	22
Quadro 4 - Evolução do número de locais de recolha REEE por tipologia Amb3e, entre 2011 e 2015.	24
Quadro 5 - Evolução do número de locais de recolha REEE por tipologia ERP entre 2011 e 2015.	28
Quadro 6 - Evolução síntese dos elementos pertinentes que constituem a rede de recolha REEE em Portugal entre 2010 e 2015.	29
Quadro 7- Número total de locais de recolha e quantidades de REEE depositadas nas freguesias do concelho de Lisboa em 2013 e 2014.	31
Quadro 8 - Fatores determinantes no comportamento da reciclagem REEE	39
Quadro 9 - Informação cartográfica utilizada.	47
Quadro 10 - Classificação da densidade populacional por freguesia na cidade de Lisboa.	57
Quadro 11 - Classificação dos indivíduos residentes com idade entre os 15 e 64 anos por freguesia na cidade de Lisboa	59
Quadro 12 - Classificação dos indivíduos residentes com um curso superior completo por freguesia na cidade de Lisboa	61
Quadro 13 - Qualificação do espaço urbano da cidade de Lisboa	63
Quadro 14 - Classificação dos indivíduos residentes empregados por freguesia na cidade de Lisboa	66
Quadro 15 - Classificação do valor imobiliário por freguesia na cidade de Lisboa	68
Quadro 16 - Critérios de restrição	70
Quadro 17 - Área apta (1) e área restrita (0).	71
Quadro 18 - Escala de padronização	71
Quadro 19 - Classificação dos critérios utilizados na análise multicritério para avaliar o potencial de deposição REEE (4 - alta; 0 - nula).	72
Quadro 20 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas à qualificação do espaço urbano.	75
Quadro 21 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas à quantidade de resíduos elétricos e eletrónicos depositados em 2014.	76
Quadro 22 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas à densidade populacional por subsecção estatística.	78
Quadro 23 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao número de residentes com curso superior por subsecção estatística.	80
Quadro 24 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao número de residentes com idade entre 15 e 64 anos por subsecção estatística.	81
Quadro 25 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao número de residentes empregados por subsecção estatística.	83
Quadro 26 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao valor de compra de habitação por freguesia.	85
Quadro 27 - Tabela dos Índices aleatórios de Saaty.	87

Quadro 28 - Hierarquização da importância dos fatores para avaliação da aptidão para a recolha REEE.	88
Quadro 29 - Matriz de comparação normalizada e ponderação estimados.	89
Quadro 30 - Normalização dos valores (cálculo do vetor λ_{\max}).	89
Quadro 31 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE no concelho de Lisboa. ...	93
Quadro 32 - Frequência das classes de aptidão por população residente e número de locais de recolha abrangidos.	105
Quadro 33 - Comparação do número de locais de recolha existentes em 2013 e 2014 com os escolhidos pelo método localização-alocação.	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Evolução mundial do uso de produtos eletrónicos	2
Gráfico 2 - Número e Distribuição geográfica das empresas de equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE) registadas de 2005 a 2016	6
Gráfico 3 - Evolução do número de locais de recolha das duas EG entre 2006 a 2016	12
Gráfico 4 - Evolução das taxas de recolha em Portugal (pneus usados; óleos usados; veículos em fim de vida e REEE).	14
Gráfico 5 - Evolução do número de produtores aderentes às duas EG entre 2006 a 2016	14
Gráfico 6 - Evolução da quantidade de resíduos elétricos e eletrónicos (Ton) declaradas por produtores aderentes a cada uma das EG e recolhidas por as mesmas, entre 2011 e 2016	15
Gráfico 7 - Rácio de habitantes por local de recolha da Rede Amb3e, em 2015	25
Gráfico 8 - Rácio de habitantes por local de recolha da Rede ERP, em 2015.....	28
Gráfico 9 - Evolução da quantidade total de resíduos recolhidos em Lisboa, de 1989 a 2014....	51
Gráfico 10 - Idade a que os alunos têm o primeiro telemóvel.	53

ACRÓNIMOS

AHBV - Associações Humanitárias de Bombeiros Voluntários

AMB3E - Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

ANREEE - Associação Nacional para o Registo de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

APA - Agência Portuguesa de Ambiente

APED - Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição

AHP – Processo Hierárquico Analítico

CML - Câmara Municipal de Lisboa

CPU - Unidade Central de Processamento

EEE - Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

EG - Entidade Gestora

EM - Estado Membro

ERP - Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

UE - União Europeia

IGP - Instituto Geográfico Português

INE - Instituto Nacional de Estatística

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

PDML - Plano Diretor Municipal de Lisboa

PR - Ponto de Recolha

RAP - Responsabilidade Alargada do Produtor

REEE - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SGRU - Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SIGREEE - Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

SMAUT - Sistema Municipal e Autarquias - operador de recolha e/ou triagem para os resíduos sólidos urbanos

RESUMO

Vivemos numa sociedade em que o novo é melhor, e em que por cada equipamento elétrico ou eletrónico (EEE) que chega ao mercado, um ou vários ficam ultrapassados ou deixam de funcionar. Este fluxo específico de resíduos tornou-se na componente com o crescimento mais acelerado dos sistemas de gestão de resíduos urbanos.

O objetivo do presente estudo é vencer este desafio exigente através da construção de um Modelo de Análise Espacial em Sistemas de Informação Geográfica que optimize a localização de pontos para deposição de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE) na atual rede de recolha que existe no nosso País. Por um lado, pretende-se que os locais ao serem selecionados contenham um conjunto de critérios (sociais, culturais, económicos, educacionais, demográficos, ambientais e das quantidades recolhidas) de predisposição à reciclagem, que caracterizam e abranjam o maior número de pessoas na sua área de influência. Por outro, sejam identificadas as categorias de REEE mais adequadas para deposição em cada ponto.

Para a identificação do potencial de deposição REEE pela população do concelho Lisboa utilizou-se a metodologia da análise multicritério, em ambiente SIG, enquanto o Processo Hierárquico Analítico (AHP) possibilitou hierarquizar o problema e definir o grau de importância relativa dos critérios identificados. A extensão Network Analyst do software ArcGis permitiu através do modelo localização-alocação, em primeiro lugar avaliar o grau de conformidade dos pontos de deposição que existiam em 2014, e em segundo otimizar a sua localização maximizando as áreas de influência junto da população. Recorreu-se a um processo de análise espacial para selecionar os locais de recolha das três tipologias de categorias REEE.

Com o estudo efetuado destacam-se as potencialidades do SIG no sector ambiental, em particular dos resíduos porque foi possível elaborar um mapa final com as classes de aptidão para deposição REEE, e no contexto do planeamento e ordenamento do território contribui decisivamente na otimização dos locais de recolha do concelho de Lisboa.

PALAVRAS – CHAVE: Rede de recolha, Resíduos Elétricos e Eletrónicos, Análise Multicritério, Sistemas de Informação Geográfica, Concelho de Lisboa.

ABSTRACT

We live in a society where the new is better, and in which for every electrical or electronic equipment that comes to market, one or several are outdated or stop working. This specific waste stream has become the fastest growing component of urban waste management systems.

The objective of the present study is to overcome this demanding challenge by constructing a Spatial Analysis Model in Geographic Information Systems that optimizes the location of points for deposition of electrical and electronic waste (e-waste) in the current collection network that exists in our country. On the one hand, it is intended that the sites to be selected contain a set of criteria (social, cultural, economic, educational, population, environmental and the amounts collected previously) of predisposition to recycling, which characterize and cover the largest number of people in its area of influence. On the other hand, the categories of e-waste most suitable for deposition at each point are identified.

In order to identify the potential for e-waste deposition by the Lisbon population, a spatial analysis process was used in GIS environment, using the methodology of the multicriteria analysis, while with the Analytical Hierarchical Process (AHP) was possible rank the problem and define the degree of relative importance in the identified criteria. The Network Analyst extension of the ArcGis software allowed, through the location-allocation model, to first assess the degree of compliance of the e-waste deposition sites that existed in 2014, and then optimize its location by maximizing areas of influence among the population. A process of spatial analysis was used to select the collection sites of the three types of e-waste categories.

The study carried out highlighted the potential of GIS in the environmental sector, particularly the waste area, because it was possible to elaborate a final map with the classes of suitability for deposition, and in the context of spatial planning, it contributes decisively to the optimization of the sites collection of the municipality of Lisbon.

KEYWORDS: Collection Network, Electrical and Electronic Waste, Multicriteria Analysis, Geographical Information Systems, Lisbon Municipality.

INTRODUÇÃO

Atualmente é impossível conceber uma sociedade avançada que não tenha como prioridade uma política ambiental sustentável. A valorização de resíduos e produtos em fim de vida é um compromisso crucial dos nossos dias, tanto por razões de natureza ambiental, como económica ou de conservação de recursos.

Apesar da realidade dos países mais desenvolvidos demonstrar nas últimas três décadas o mais rápido crescimento económico e avanço tecnológico de sempre, o nosso modo de vida atual, consequência sobretudo da intensificação das atividades económicas, continua a agravar esta tendência quase incontrolável de produzir cada vez maiores quantidades de resíduos comparativamente às quantidades geradas no passado.

Salienta-se indiscutivelmente, a dimensão global que o estímulo da “Revolução Internet” e a evolução da era analógica para a era digital proporcionou, em particular, na aquisição de mais produtos elétricos e eletrónicos com maior grau de sofisticação, e por os mais variados tipos de consumidor, sobretudo devido ao âmbito transversal de sectores que estes equipamentos abrangem e versatilidade de funções que executam.

Associada à fantástica evolução tecnológica resultaram não apenas uma infinidade de novos equipamentos de gamas multivariadas, mas também uma diminuição dos seus ciclos de vida, levando a que os produtos se tornem obsoletos mais rapidamente. Só para referir um de muitos exemplos, as unidades de CPU, com um tempo de vida útil entre quatro a seis anos em 1997, passaram para dois anos em 2005 (Widmer et al., 2005).

A ponto de o ritmo de crescimento deste fluxo específico de resíduos ser cerca de três vezes superior ao dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em toda a UE (IPTS, 2006). O gráfico seguinte elucida bem a dimensão do problema em todo o Planeta.

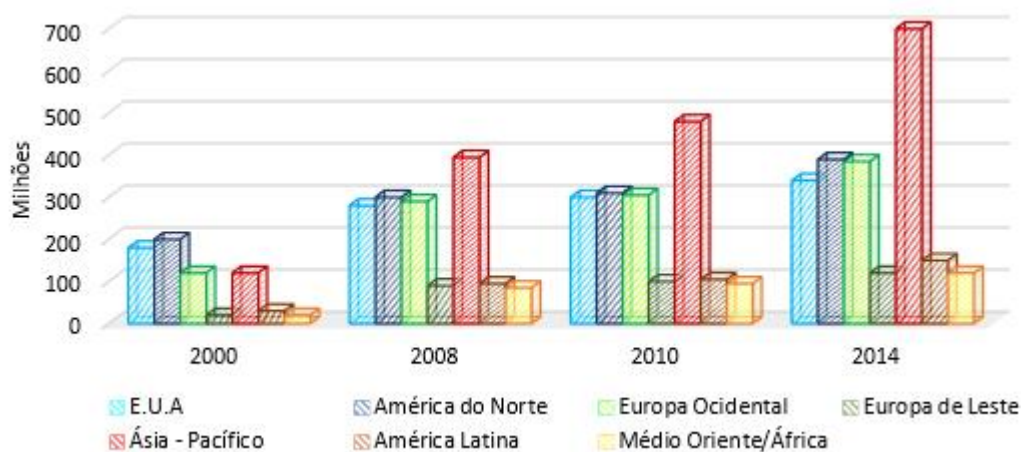


Gráfico 1- Evolução mundial do uso de produtos eletrônicos
Fonte: Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook, 2012.

Para se ter uma ideia a nível nacional, foram comercializadas cerca de 130 mil toneladas de (EEE) só em 2015, tendo sido recolhidas nesse ano aproximadamente 53 mil toneladas de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), das quais 79% (41759 mil toneladas) foram reutilizadas ou recicladas (Fonte: Agência Portuguesa de Ambiente APA, 2016).

Nesta lógica de resolução, é importante reforçar no presente estudo a relevância dos Sistemas de Informação Geográfica como uma ferramenta útil ao serviço do Ambiente, porque através de uma infraestrutura de dados espaciais, o território e os seus habitantes são estudados, conhecidos e compreendidos, garantindo aos residentes de cada subsecção estatística a distribuição ótima de pontos para deposição deste tipo de resíduos de acordo com as suas características. Resumindo, a análise espacial realizada neste estudo pretende contribuir decisivamente para que a taxa *per capita* de depósito de REEE aumente, em consequência desse benefício.

Para atingir o objetivo proposto, recorre-se à análise multicritério baseada no Processo AHP de Saaty (2008), método simples e confiável utilizado por diversos autores no apoio à decisão. A análise multicritério assenta num processo de ponderação das variáveis; para isso é efetuado o cruzamento prévio das classes dessas variáveis com as áreas restritas, obtendo assim o nível de aptidão para deposição REEE da área de Lisboa. A sua validação é efetuada com o apoio da bibliografia consultada e da informação disponibilizada pela entidade que acolheu o estágio (APA).

Este trabalho é constituído por quatro capítulos. O capítulo I apresenta uma breve descrição do que são os REEE, das categorias em que se divide e de como é feita a sua gestão em Portugal. Caracterizam-se as duas únicas entidades gestoras deste fluxo específico de resíduo no nosso país e faz-se a análise integral da rede de recolha REEE no âmbito nacional, e em particular do município de Lisboa. No capítulo II estabelece-se a relação entre a Geografia e a recolha e reciclagem de REEE, apresentando a sua importância no planeamento de locais para deposição com os fatores que determinam a reciclagem REEE pela população; no fim do capítulo apresentam-se a aplicabilidade e as principais vantagens na aplicação de um SIG a um sistema de recolha de resíduos. No início do capítulo III refere-se como se procedeu à recolha, seleção e análise da informação geográfica, descreve-se a metodologia de análise e a área de estudo - concelho de Lisboa - destacando-se a importância das variáveis demográficas, ambientais e socioeconómicas utilizadas para a investigação. Procede-se à aplicação da metodologia de análise multicritério baseado num método de ponderação das variáveis e obtenção de resultados, com a identificação das áreas restritas (através das Plantas de Ordenamento do Plano Diretor Municipal de Lisboa) e as áreas aptas (obtidas com análise da aptidão para depositar REEE da área total) do concelho para depositar este tipo de resíduo. Para finalizar, no capítulo IV, ao mapa final de aptidão para deposição REEE é associada a nova distribuição dos locais de recolha, através da ferramenta Network Analyst é permitido mostrar a mais-valia do modelo localização-alocação em particular, e na sequência do cálculo das áreas de influência que cada ponto de recolha abrange em termos de população, otimizando-se a sua distribuição geográfica. Em último lugar, efetua-se uma análise espacial em ambiente SIG para selecionar os locais de recolha das três categorias REEE utilizadas por ambas as entidades gestoras a nível nacional.

Contexto do estágio

Gerado o acordo mútuo em torno do objetivo com o orientador, Professor Nuno Marques da Costa e o coordenador de Mestrado, Professor Eusébio Reis, estabeleceram-se contactos com a doutora Ana Vaz, diretora de fluxos específicos de resíduos da APA. Instituição a qual, todas as entidades envolvidas na gestão de REEE estão dependentes, desde logo, da emissão de licença para desenvolver a sua atividade, mais ainda, informam regularmente todos os resultados obtidos das suas diversas operações. Justificam-se desta forma as razões determinantes na escolha da APA como a melhor entidade para acolher o estágio, não só porque é a única que dispõe da perspetiva integral para analisar este fluxo específico de resíduos em todo o país, como ainda é garantia de fiabilidade¹ e valor ao objeto de estudo.

As competências da APA são vastas, mas a sua missão é clara e focada na gestão integrada das políticas ambientais, de forma articulada com outras políticas sectoriais e tendo em vista um elevado nível de proteção e de valorização do ambiente; para isso conta com mais de oitocentos colaboradores(as).

Neste contexto, as políticas de resíduos têm vindo progressivamente a merecer especial atenção, sendo, em conjunto com os recursos naturais, uma das quatro áreas prioritárias da União Europeia (UE), a par das alterações climáticas, natureza e biodiversidade, saúde e qualidade de vida.

Em concreto, a estratégia da APA dirigida à gestão dos resíduos no nosso País tem como prioridade tratá-los como recurso endógeno, minimizando os seus impactes ambientais e aproveitando o seu valor socioeconómico. Eficiência na utilização e gestão dos recursos primários e secundários, dissociando o crescimento económico do consumo de materiais e da produção de resíduos, estimulando economias locais e a economia nacional (Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos - PERSU 2020).

Ao centrar o fluxo específico de REEE numa economia tendencialmente circular², promove-se esta atividade de valor acrescentado: a pessoas, autarquias e empresas, tendo ainda capacidade de internacionalizá-la, no quadro de uma economia verde³.

¹ A APA informa anualmente à União Europeia todos os resultados obtidos relativos à gestão dos REEE do nosso país.

² Economia Circular é um conceito estratégico que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia. Substituindo o conceito de fim-de-vida da economia linear, por novos

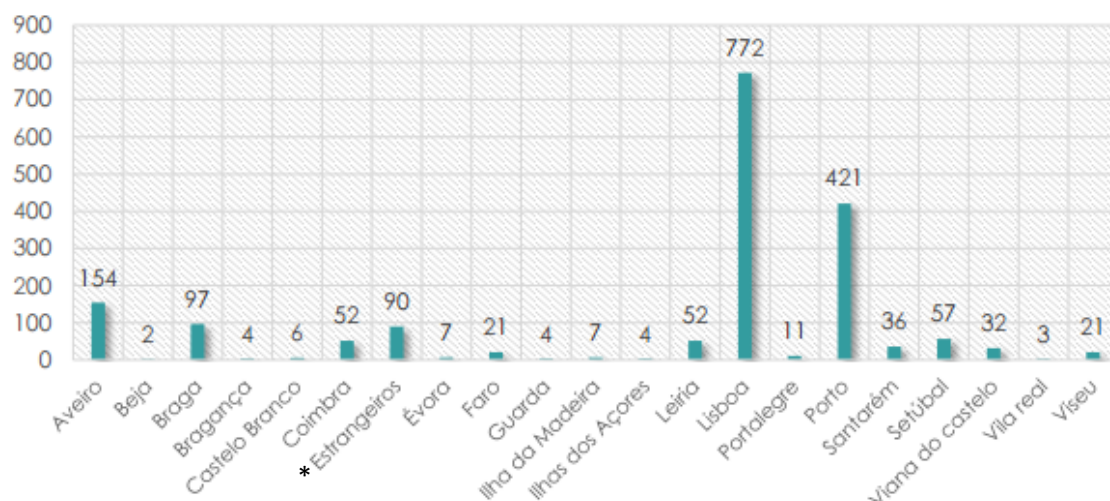
Visando adotar a melhor estratégia no início das reuniões de estágio na APA considerou-se prioritário definir as perguntas de partida principais, das quais resultaram:

- a) Os Pontos de recolha atual estão em número certo?
- b) A sua distribuição é a ideal face às características socioeconómicas e hábitos ambientais que as respetivas populações apresentam?
- c) As categorias REEE dos locais para deposição estão de acordo com a estratégia da rede de recolha?

Em fase posterior foram propostas algumas áreas de estudo em que iria incidir a análise da investigação, mas não tendo sido escolhida uma localização consensual, optou-se mais tarde por selecionar o concelho de Lisboa, porque apesar de apresentar maior número de locais para deposição REEE em todo o País e ser um dos municípios que consome mais eletricidade doméstica a nível nacional, ocupa a décima primeira posição nesta classificação concelhia, muito abaixo do seu potencial de recolha (tem uma densidade populacional significativa e os habitantes com o maior rendimento per capita em Portugal). A somar a todas estas características, e como o gráfico 2 mostra, Lisboa é indiscutivelmente a região do país onde existem mais empresas de EEE que estão registadas na ANREEE (Associação Nacional para o Registo de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos).

fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação, num processo integrado, a economia circular é vista como um elemento chave para promover a dissociação entre o crescimento económico e o aumento no consumo de recursos, relação até aqui vista como inexorável.

³ A Economia Verde é definida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) como "uma economia que resulta na melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo que reduz os riscos ambientais e a escassez ecológica".



* Número de empresas estrangeiras registadas no nosso país. A entidade estrangeira sem estabelecimento em Portugal que proceda à venda de EEE, através de técnicas de comunicação à distância, diretamente a utilizadores particulares ou a utilizadores não particulares no território nacional, fica abrangida pelas obrigações enquanto produtor.

Gráfico 2 - Número e Distribuição geográfica das empresas de equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE) registadas de 2005 a 2016

Fonte: Informação disponível online, no site da ANREEE.

CAPÍTULO I- ABORDAGEM AOS RESÍDUOS ELÉTRICOS E ELETRÓNICOS

1. O que são os REEE? – Quais as categorias que os compõem?

O Decreto-Lei n.º 67/2014, de 7 de maio, aprova o regime jurídico da gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), estabelecendo medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, com os objetivos de prevenir ou reduzir os impactos adversos decorrentes da produção e gestão desses resíduos, diminuir os impactos globais da utilização dos recursos, melhorar a eficiência dessa utilização, e contribuir para o desenvolvimento sustentável. O diploma transpõe para o direito nacional a diretiva n.º 2012/19/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, relativa ao REEE, definindo-os como quaisquer EEE de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte integrante do equipamento no momento em que este é descartado. Por EEE são designados os equipamentos dependentes de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para funcionarem corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1000 V para corrente alternada e 1500 V para corrente contínua.

Até 14/08/2018, o Decreto-Lei n.º 67/2014, de 7 de maio, é aplicável aos EEE cuja funcionalidade esteja refletida numa das seguintes 10 categorias e respetivos exemplos:

1. Grandes eletrodomésticos (frigoríficos; máquinas de lavar loiça ou roupa);
2. Pequenos eletrodomésticos (balanças; relógios de pulso ou de sala);
3. Equipamentos informáticos (CPU; portáteis) e de telecomunicações (telefones; telemóveis);
4. Equipamento de consumo (aparelhos de televisão; rádio) e painéis fotovoltaicos;
5. Equipamento de iluminação (lâmpadas fluorescentes clássicas; compactas);
6. Ferramentas elétricas e eletrónicas (berbequins; máquinas de costura), com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões;
7. Brinquedos (conjuntos de comboios elétricos; ou de pistas de carros de corrida) e equipamento de desporto (computadores para ciclismo; mergulho) e lazer (jogos de vídeo);

8. Dispositivos médicos (congeladores) ou acessórios, com exceção de todos os produtos implantados e infetados;
9. Instrumentos de monitorização (termóstatos) e controlo (detetores de fumo);
10. Distribuidores automáticos (distribuidores automáticos de dinheiro ou bebidas).

1.1 Implementação das Diretivas Europeias para a Gestão dos REEE nos Estados Membros

Antes da publicação da primeira diretiva REEE já alguns países europeus, como a Bélgica, a Holanda e a Suíça, tinham os seus sistemas de gestão implementados, pelo que a transposição desta diretiva dos REEE foi para estes países relativamente fácil. Por outro lado, existiam Estados Membros (EM) onde a gestão de REEE era menos desenvolvida, particularmente os Estados da Europa Central e Oriental, o que levou a atrasos na transposição e implementação prática da Diretiva (UNU, 2007).

Em junho de 2000, foram publicadas as Propostas de Diretiva relativas aos REEE, e sobre as restrições de uso de determinadas substâncias perigosas em EEE (CE, 2000b). A 13 de Fevereiro de 2003, foram então publicadas no Diário Oficial da UE, duas diretivas distintas:

- Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, relativa a restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em EEE, usualmente designada por Diretiva RoHS;
- Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, relativa aos REEE, também designada por Diretiva REEE.

A Diretiva RoHS pretende contribuir para a proteção da saúde humana e para uma valorização e eliminação ecologicamente corretas dos REEE. Assim a diretiva exige que os equipamentos novos colocados no mercado Comunitário a partir de 1 de julho de 2006 não contenham na sua composição chumbo, mercúrio, cádmio, crómio hexavalente, PBB e PBDE.

A segunda Diretiva diz respeito aos REEE e visa prevenir a sua produção, e promover a reutilização, a reciclagem e outras formas de valorização destes resíduos, a fim de reduzir a quantidade a eliminar por deposição em aterro ou incineração. O princípio

orientador desta diretiva é o princípio alargado da responsabilidade do produtor⁴ (RAP), tornando os produtores financeiramente responsáveis pela gestão dos resíduos provenientes dos seus próprios produtos. Deste modo, a diretiva incentiva a conceção e produção de EEE que tenham em conta e facilitem a desmontagem e recuperação, nomeadamente a reutilização e reciclagem de REEE, seus componentes e materiais. A transposição de ambas as diretivas, para o direito interno dos EM deveria ser efetuada até 13 de agosto de 2004.

No ano de 2003 surgiu uma nova Diretiva da União Europeia (WEEE 2003) para garantir a implementação, por parte dos países membros, de medidas de gestão (recolha, transporte, tratamento e reciclagem) dos REEE. Essa Diretiva impõe que cada organização que vende equipamentos elétricos e eletrónicos num qualquer país da UE tem a obrigação de garantir a recolha e a reciclagem de uma quantidade de equipamentos equivalente ao seu volume de vendas nesse mesmo país, sendo isso feito sem que tenha qualquer tipo de custos para o cliente final. Assim estes produtores podem optar por cumprir esta obrigação individualmente ou aderindo a um sistema coletivo.

Relativamente aos sistemas de gestão de REEE na Europa, podem classificar-se genericamente em dois modelos: o Sistema de Recolha Nacional e o Sistema Clearing House (NHCS) cuja competitividade é imposta pelas regras do mercado. O primeiro, constitui um sistema nacional dominante, é responsável pela recolha, a reciclagem e o financiamento de todos (ou a grande maioria) de REEE geridos no país, como é o caso do sistema escolhido na Bélgica. Os seus estatutos legais diferem de país para país, mas são geralmente do tipo não governamental, sem fins lucrativos, que são criados e detidos por uma ou mais associações de produtores. Neste tipo de sistemas os produtores pagam um custo de reciclagem médio, não podendo optar pela solução mais competitiva.

O sistema clearing house consiste num quadro nacional em que múltiplos parceiros podem fornecer serviços, como são exemplo os sistemas de gestão Alemão ou

⁴ De acordo com a APA para respeitar o “princípio da responsabilidade alargada do produtor”, o mesmo é responsável pelos impactos ambientais e pelos resíduos decorrentes do processo produtivo e da posterior utilização dos respetivos produtos, bem como da sua gestão quando atingem o final de vida. Assim, os produtores de EEE devem nomeadamente: proceder ao seu registo junto da APA; providenciar o financiamento da gestão de REEE podendo, para esse efeito, optar por um sistema individual ou transferir a sua responsabilidade para um sistema coletivo licenciado;

Português. Existe um organismo central nacional, o Clearing House National (NHC), ao qual os produtores são obrigados a reportar os produtos colocados no mercado, com vista ao cálculo da quota de mercado, e respetiva quantidade de REEE que é responsável por gerir. Assim, cada produtor é responsável pela contratualização com serviços de gestão, para recolher e tratar as quantidades que lhe foram atribuídas, permitindo alcançar custos de gestão mais baixos.

Os principais canais de recolha de REEE, a nível da UE, são os sistemas municipais, a retoma por parte dos distribuidores e a retoma pelos próprios produtores. Contudo, a maioria dos EM utiliza o sistema municipal como o seu principal canal de recolha.

A responsabilidade financeira, das fases inerentes ao fim de vida dos EEE encontra-se nos produtores, em todos os países da UE. Porém a responsabilidade física e financeira da rede de recolha depende da jurisdição vigente em cada EM.

1.2 Gestão do fluxo específico REEE no âmbito nacional

Em Portugal, o Decreto-Lei nº 230/2004, de 10 de dezembro, que estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de REEE, transpõe para a legislação nacional as Diretivas 2002/95/CE e 2002/96/CE do Parlamento e Conselho Europeu.

A aplicação das medidas e ações identificadas no Decreto-Lei traduziu-se no licenciamento das entidades gestoras: a Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (Amb3e), e a Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (ERP Portugal), em março de 2006, com o objetivo primordial de organizar e gerir o Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (SIGREEE). Foi ainda licenciada a Associação Nacional Registo de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (ANREEE), para efeitos de registo dos produtores de EEE, com o objetivo de acompanhar e fiscalizar o cumprimento das responsabilidades dos mesmos. Assim, de acordo com a legislação em vigor, os produtores de EEE são obrigados a proceder ao registo na ANREEE e posteriormente aderir a uma entidade gestora, se não adotarem um sistema individual para gerir os seus produtos em fim de vida.

A ANREEE é uma entidade autónoma, sem fins lucrativos, constituída pelos próprios produtores de EEE, através das suas associações, e pelas entidades gestoras do sistema integrado de gestão dos REEE. O seu papel é controlar as quantidades de EEE que cada produtor coloca no mercado anualmente e acompanhar, através da informação recebida

dos sistemas de gestão de REEE, o ciclo de vida de cada EEE. Tanto a ANREEE como as bases de dados das entidades gestoras licenciadas têm contribuído para minimizar os *free-riders*⁵ em Portugal e identificar más práticas de gestão de resíduos (transferências ilegais de resíduos, incumprimento da hierarquia dos resíduos, etc.), pois ajudam a identificar importadores e produtores que não cumprem as exigências legais (Niza *et al.*, 2014).

Os produtores aderentes, importadores ou operadores são responsáveis pelo financiamento do sistema, através das prestações financeiras designadas de EcoREEE⁶, pagas de acordo com a categoria a que pertencem os equipamentos, que transferem a responsabilidade de recolha seletiva às entidades gestoras licenciadas, para fazer face aos custos de gestão dos resíduos, por cada produto colocado no mercado. Esta condição deriva do princípio da responsabilidade alargada do produtor. A Amb3e calcula o EcoREEE por unidade de EEE (U./€), o que difere da ERP, que aplica este valor por tonelada de EEE (T./€) colocado no mercado.

As duas entidades gestoras licenciadas para a gestão dos REEE iniciaram as suas operações de gestão em novembro de 2006, um pouco mais tarde face ao previsto, não só devido a atrasos na atribuição da licença, mas também porque foi necessário garantir primeiro a adesão de produtores de EEE e o financiamento das operações.

1.3 Análise à rede de recolha REEE em Portugal - Caracterização das duas entidades gestoras

De acordo com a APA, a principal razão para serem atribuídas duas licenças para gerir os REEE em Portugal é para garantir a efetiva concorrência ao mercado. Desta forma, as duas entidades licenciadas optaram por organizar diferentes estratégias para a sua gestão.

⁵ “Free riders” são produtores que por não cumprirem as exigências legais, nomeadamente o registo de produtor REEE na ANREEE ou declarar a quantidade de produtos que colocam no mercado através do SIGREEE, são beneficiários de recursos bens ou serviços por os quais não pagaram.

⁶ O EcoREEE é uma prestação financeira obrigatória cobrada aos produtores sobre cada um dos EEE colocados no mercado nacional, com vista a suportar os custos necessários para a recolha seletiva, tratamento e eliminação em boas condições ambientais dos REEE. O valor do EcoREEE é determinado de acordo com a categoria/subcategoria em que o equipamento se insere e corresponde à contribuição para a entidade gestora respetiva.

Durante o estágio curricular efetuaram-se dois questionários iguais para ambas as EG (Entidades Gestoras) com o objetivo de perceber quais as estratégias escolhidas para otimizar a rede de recolha de REEE desde o início das suas atividades. Uma das questões mais pertinentes relaciona-se com a análise do número de pontos de recolha que cada EG possui na sua rede para fazer a recolha de REEE junto da população, em particular porque razão a rede Amb3e recolhe maiores quantidades de REEE desde 2006 até 2016 face à rede ERP (gráfico 6), que é claramente a que possui o número mais elevado de pontos de recolha (gráfico 3).

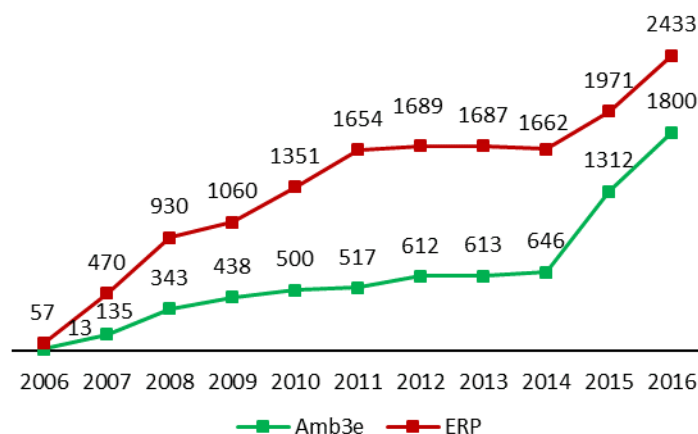


Gráfico 3 - Evolução do número de locais de recolha das duas EG entre 2006 a 2016

Fonte: Relatórios anuais de atividade Amb3e e ERP.

A resposta a esta questão também está relacionada com a adoção de diferentes estratégias de distribuição geográfica dos PR (Pontos de Recolha) seguida pelas duas EG no nosso País. De acordo com as respostas ao questionário o plano inicial da Amb3e foi alargar ao máximo a rede de locais de recolha por forma a disponibilizar, ao cidadão e às empresas, locais para depositar gratuitamente os seus REEE.

Hoje, a rede encontra-se mais consolidada e os principais objetivos prendem-se com o alargamento da rede a áreas geográficas com menos alternativas, nomeadamente interior do País, e com o aumento da capilaridade da rede, tentando chegar cada vez mais próximo do consumidor, nomeadamente com pontos eletrão e AHBV (Associações Humanitárias de Bombeiros Voluntários). A rede de locais de recolha da Amb3e é dinâmica, estando sempre a entrar novos locais, havendo também alguns que saem da rede, designadamente, por encerramento (lojas, empresas, etc.), ou por verificação de não conformidades.

A ERP não definiu nenhum critério específico para implementação da sua rede. A maioria dos pontos de recolha são pontos da distribuição e escolas, pelo que, é apenas usada a inteligência logística da sua distribuição. A localização dos pontos de recolha apenas altera no caso de contratualização de novos pontos ou no caso de cancelamento do contrato/protocolo de recolha.

1.3.1 Produtores associados – Quantidades REEE declaradas e recolhidas

Na aceção da definição constante na alínea v) do artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 67/2014, de 7 de maio, é considerado “Produtor” a pessoa singular ou coletiva que, independentemente da técnica de venda utilizada (incluindo a venda efetuada por comunicação à distância) ou de afetação a uso próprio:

- i. Esteja estabelecida no território nacional e fabrique EEE sob nome ou marca próprios, ou mande conceber ou fabricar EEE e os comercialize sob nome ou marca próprios em Portugal;
- ii. Esteja estabelecida no território nacional e proceda à revenda, em Portugal, sob nome ou marca próprios, de equipamentos produzidos por outros fornecedores;
- iii. Esteja estabelecida no território nacional e coloque no mercado EEE provenientes de um país terceiro ou de outro país da União Europeia;
- iv. Esteja estabelecida noutro país da União Europeia ou num país terceiro e proceda à venda de EEE, através de técnicas de comunicação à distância, diretamente a utilizadores particulares ou a utilizadores não particulares em Portugal;

O gráfico 4 mostra, para vários fluxos de resíduos em Portugal, que a taxa de recuperação cresceu muito em todo o sector dos resíduos após a implementação do princípio RAP, e no que se refere aos REEE (WEEE no gráfico 4), verifica-se um crescimento muito acentuado na taxa de recolha. Este desempenho positivo, de acordo com (Niza *et al.*, 2014), deve-se ao facto das taxas, antes dos produtores se associarem (*Before PRO*), serem baixas e à rápida implementação de uma logística instituída após o estabelecimento de entidades gestoras licenciadas pelos produtores (*After PRO*).

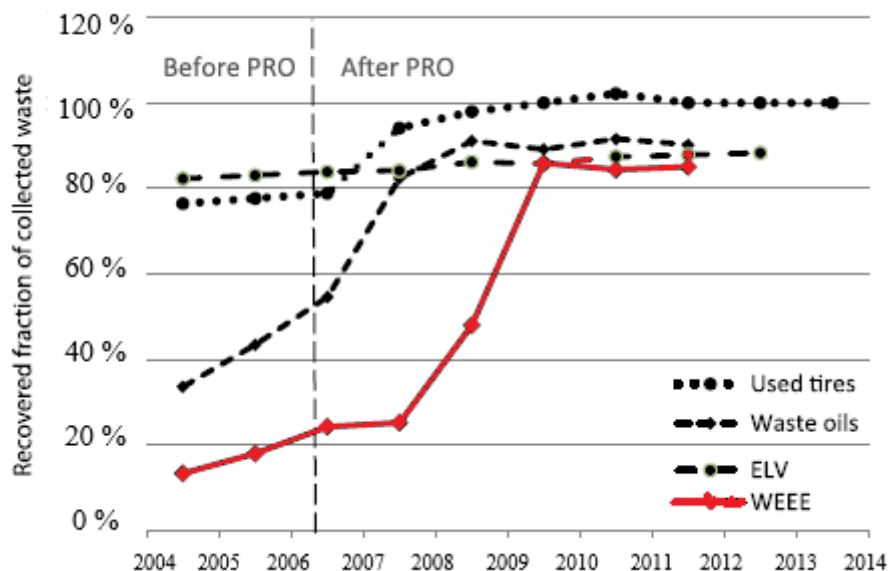


Gráfico 4 - Evolução das taxas de recolha em Portugal (pneus usados; óleos usados; veículos em fim de vida e REEE).

Fonte: Niza S. Santos E., Costa I., Ribeiro P., Ferrão P. (2014).

Desde o primeiro ano (2006) da atribuição das licenças pela APA a Amb3e é a entidade gestora de REEE com o maior número de produtores aderentes do nosso País. Este número atingiu 1451 produtores aderentes em 2016 (gráfico 5), a que correspondeu 94203 toneladas de REEE declaradas (gráfico 6) à Amb3e, o que equivale em peso, a uma quota de 63,1% do mercado, de acordo com o relatório anual da ANREEE. O mesmo registo cifra a quota da ERP em 36,8% do mercado, que representam 55026 toneladas (gráfico 6), declaradas por 502 produtores aderentes (gráfico 5).

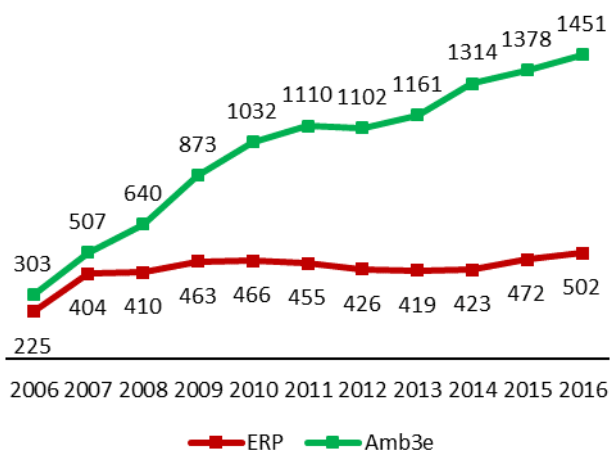


Gráfico 5 - Evolução do número de produtores aderentes às duas EG entre 2006 a 2016

Fonte: Relatórios anuais ANREE.

Em termos de recolha de REEE, a Europa, devido à implementação de esquemas de recolha e ao princípio do RAP, conseguiu recolher cerca de 40% dos REEE produzidos em 2014, ficando acima dos Estados Unidos e Canadá (12%), China (28%), Japão (24%) e Austrália (1%) (Baldé et al. 2015). Contudo, os valores para a UE-28 são ainda reduzidos. Segundo Cucchiella et al. 2015, tal facto deve-se, em grande parte, aos consumidores que ainda guardam os seus EEE em fim de vida dentro das suas habitações, e aos sistemas paralelos de eliminação dos resíduos que impedem o correto tratamento, valorização ou reutilização/reciclagem, levando à incorreta incineração ou deposição dos REEE em aterros, diminuindo as taxas de recolha pretendidas.

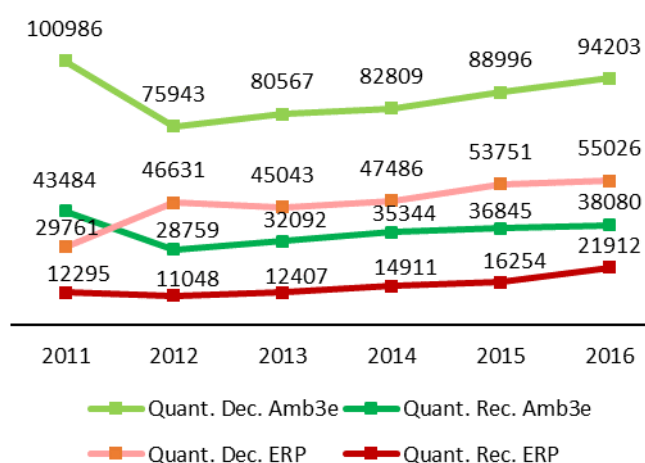


Gráfico 6 - Evolução da quantidade de resíduos elétricos e eletrónicos (Ton) declaradas por produtores aderentes a cada uma das EG e recolhidas por as mesmas, entre 2011 e 2016

Fonte: Relatórios anuais de atividades Amb3e e ERP.

Se atendermos à percentagem de recolha face às quantidades declaradas, no âmbito nacional em cada entidade gestora entre 2011 e 2016 (Quadro 1), constatamos que tem oscilado mais na ERP (valores entre 24 e 41%), evidenciando-se pela positiva uma variação de +10% no último ano em análise. Relativamente à Amb3e os dados mostram uma tendência quase constante (entre 38 a 43%).

Quadro 1 - Percentagem da quantidade recolhida relativamente à quantidade declarada nas duas entidades gestoras, entre 2011 e 2016.

	Anos					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Amb3e (%)	43	38	40	43	41	40
ERP (%)	41	24	28	31	30	40

1.3.2 Quantidades recolhidas por categoria REEE

É fundamental conhecer as quantidades recolhidas por categorias REEE para determinar quais os tipos de locais de recolha a adotar junto da população. Verificou-se que vários autores afirmam que os REEE de pequena dimensão são um grande desafio, quer devido aos materiais que os compõem, quer devido ao facto de serem os que são depositados nos resíduos indiferenciados pelos utilizadores (Solé, 2012, p.1208). O quadro 2 evidencia esse desequilíbrio entre as quantidades recolhidas nas diferentes categorias legais por EG e total nacional em 2016. Praticamente a Amb3e totaliza maior quantidade de REEE em todas as categorias, exceção feita à categoria 3. A diferença é bem notória relativamente à categoria 1, porque as toneladas recolhidas nesta categoria registam maior quantidade face a todas as outras. Este facto indicia que será necessário um número significativo de locais de recolha com capacidade para receber REEE da categoria Grandes eletrodomésticos.

Quadro 2 - Quantidade de REEE recolhido por categoria legal em 2016.
Fonte: Relatórios anuais de atividade Amb3e e ERP

Categorias REEE	Amb3e		ERP		Totais	
	(Ton)	%	(Ton)	%	(Ton)	%
1. Grandes eletrodomésticos	23339	61,3	11641	53,1	34980	58,3
2. Pequenos eletrodomésticos	4774	12,5	2850	13,0	7624	12,7
3. Equipamentos informáticos e de telecomunicações	3070	8,1	5058	23,1	8128	13,5
4. Equipamento de consumo e painéis fotovoltaicos	2235	5,9	2131	9,7	4366	7,3
5. Equipamento de iluminação	2317	6,1	129	0,6	2446	4,1
6. Ferramentas elétricas e eletrónicas, com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões	1420	3,7	48	0,2	1468	2,4
7. Brinquedos e equipamento de desporto e lazer	103	0,3	20	0,1	123	0,2
8. Dispositivos médicos ou acessórios, com exceção de todos os produtos implantados e infetados	284	0,7	8	0,0	292	0,5
9. Instrumentos de monitorização e controlo	347	0,9	10	0,0	357	0,6
10. Distribuidores automáticos	191	0,5	17	0,1	208	0,3
Total	38080	100	21912	100	59992	100

A nível nacional, os grandes eletrodomésticos são a categoria mais destacada no que respeita à quantidade total, peso em toneladas recolhidas de REEE (58,3%). A categoria dos equipamentos informáticos e de telecomunicações, assim como a dos pequenos eletrodomésticos têm quantidades de recolha bem menores, totalizando 13,5 e 12,7% respetivamente. Se juntarmos às categorias mencionadas, a categoria do equipamento de consumo e painéis fotovoltaicos (7,3%), atingimos um total de 91,8% da quantidade total de REEE recolhido em 2016. Esta informação é importante para prever a logística necessária ao processo, mas sobretudo identificar o tipo de substâncias a reciclar.

Ongondo (2011) refere que a maioria dos estudos identificam cinco categorias de materiais na composição dos REEE: os metais ferrosos e não ferrosos, o vidro, o plástico e outros. Os mais comuns são o ferro e o aço, representando estes metade do peso total dos REEE, de seguida o plástico, a representar aproximadamente 21 % do peso total, e os materiais não ferrosos, onde estão incluídos os metais nobres, a representar aproximadamente 13%, sendo que destes últimos 7% corresponde a cobre. Os possíveis contaminantes ambientais dos REEE são: o mercúrio, chumbo, bifenilos polibromados, éteres difenil-polibromados, dibenzo-para-dioxinas e dibenzofuranos policlorados (Diretiva 2002/95/CE).

1.3.3 Distribuição geográfica dos locais de recolha

Evidencia-se a Área Metropolitana de Lisboa (657) que é a região do país onde há o maior número de locais disponíveis para deposição REEE em todo o País, seguida da Área Metropolitana do Porto (389) e das regiões de Aveiro, Coimbra, Oeste e Algarve, tendo em conta a hierarquia de divisão territorial NUTS III. A nível municipal, Lisboa lidera este ranking nacional com 131 locais para depositar REEE, seguindo-se os municípios de Sintra e Vila Nova de Gaia, respetivamente com 100 e 81 locais. Dos 278 municípios de Portugal Continental identificaram-se 23 que não dispunham de qualquer local para deposição deste fluxo específico de resíduo, sendo que, os outros 255 municípios dispõem de 2489 locais (Figura 1). Os três mapas seguintes apresentam a distribuição do total de pontos de recolha por município, em todo o País no ano 2014.

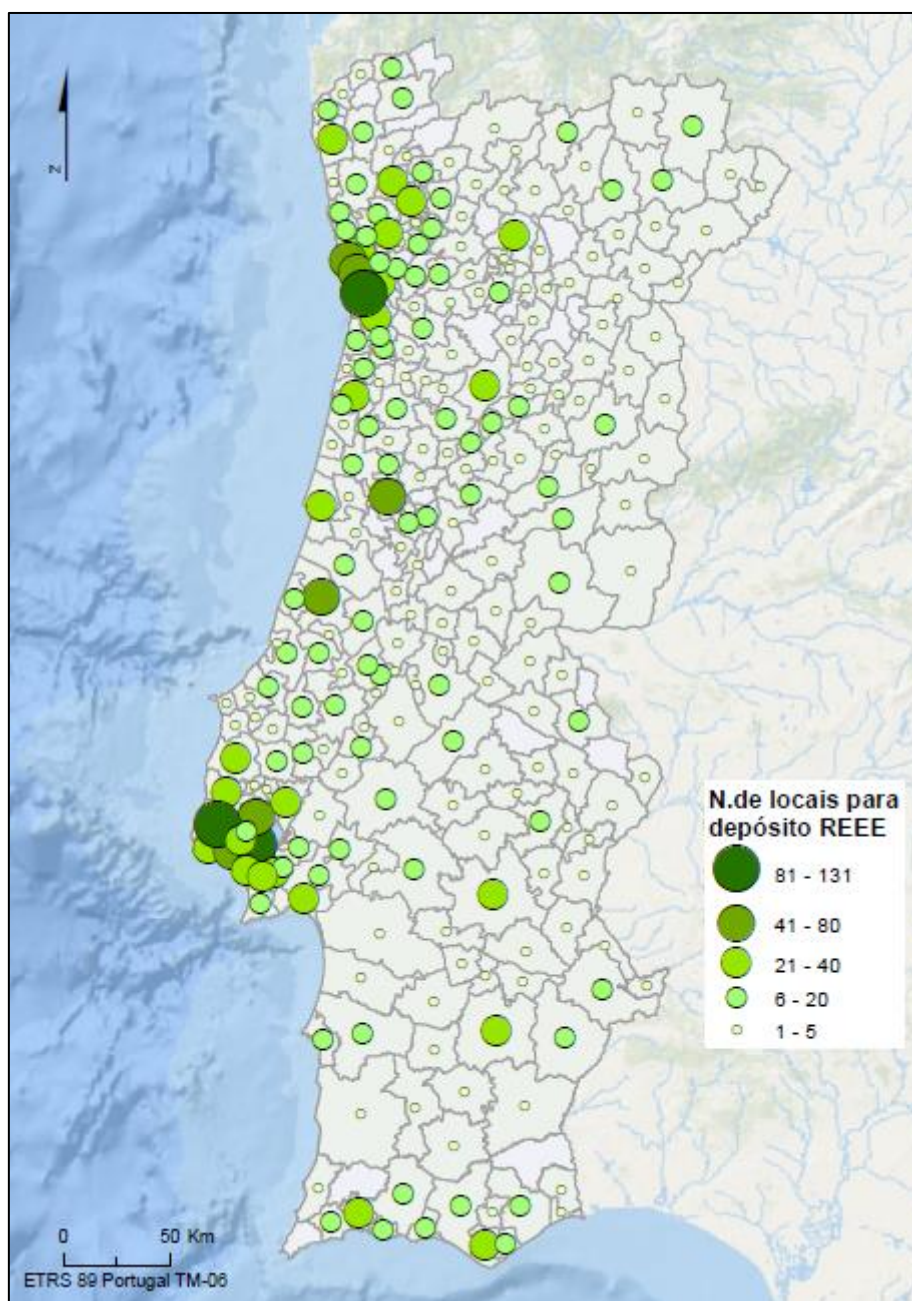


Figura 1 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha por município, em Portugal Continental, no ano 2014.

Fonte: Informação disponibilizada por a Amb3e e ERP.

O Arquipélago dos Açores tem 19 municípios, dos quais 3 não tem local para depósito REEE, sendo que os outros 16 municípios dispõem de 92 locais (Figura 2). O Arquipélago da Madeira tem 11 municípios, dos quais 5 não tem local para depósito REEE, sendo que os outros 6 municípios dispõem de 10 locais (Figura 3).

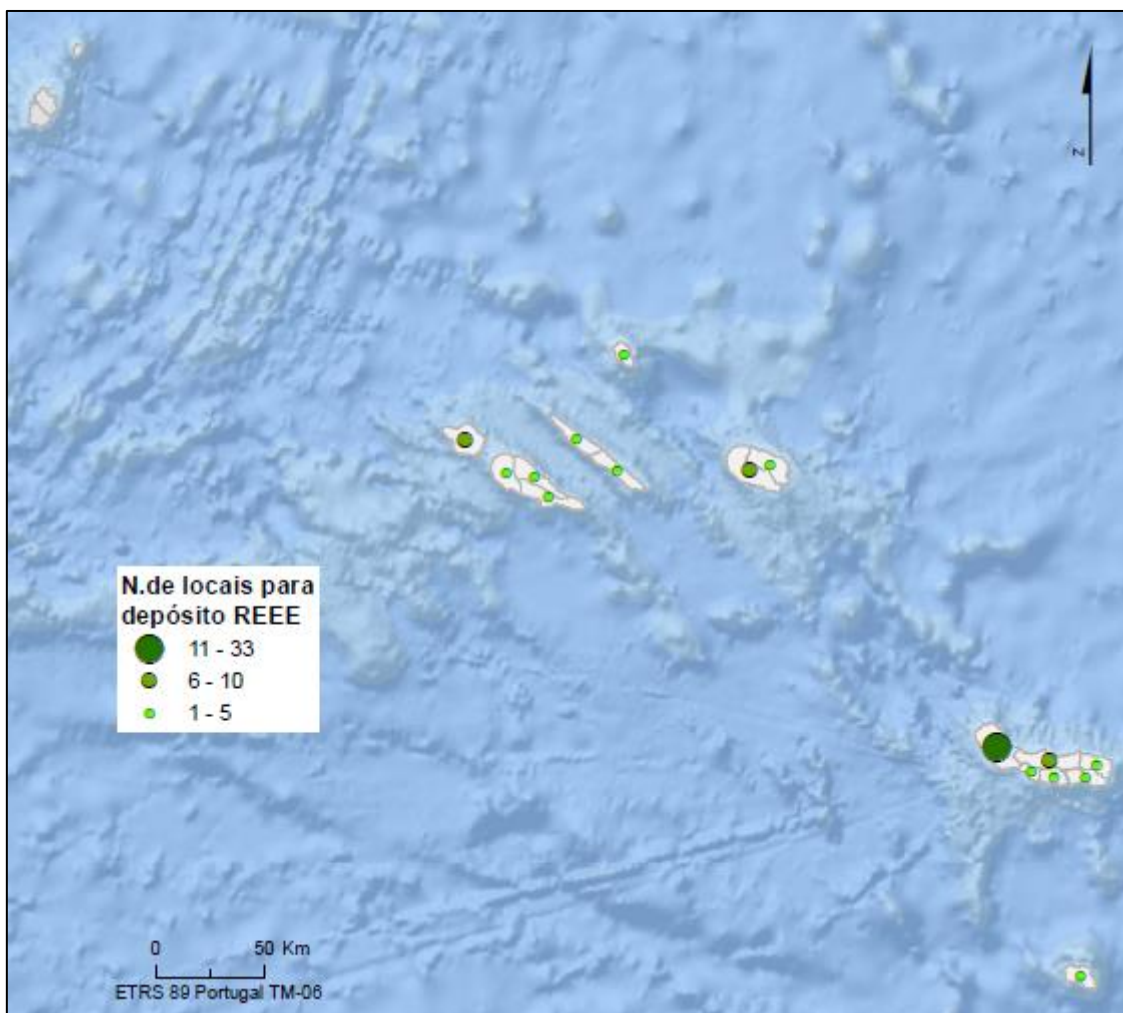


Figura 2 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha por município, no Arquipélago dos Açores, em 2014

Fonte: Informação disponibilizada por a Amb3e e ERP.



Figura 3 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha por município, no Arquipélago da Madeira, em 2014.

Fonte: Informação disponibilizada por a Amb3e.

1.3.4 Quantidades recolhidas por NUTS III

Também neste indicador a Amb3e lidera na maioria das NUTS III (17), particularmente nas Áreas Metropolitanas de Lisboa (mais do dobro) e Porto (Figuras 4 e 5). A ERP só recolhe mais quantidades REEE na região de Aveiro, Algarve, Lezíria do Tejo, Cávado, Beira Baixa e Douro.

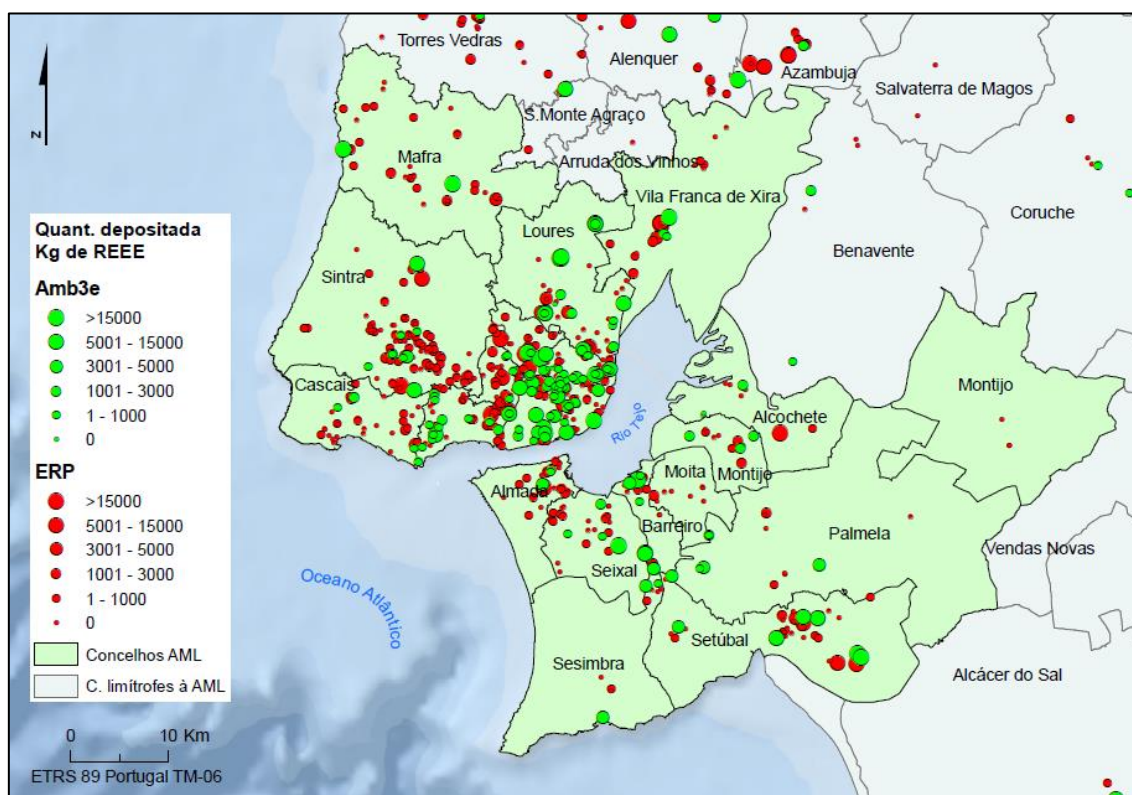


Figura 4 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha e quantidade de REEE recolhida em cada local Amb3e e ERP, na Área Metropolitana de Lisboa, em 2014.

Fonte: Informação disponibilizada por as duas EG.

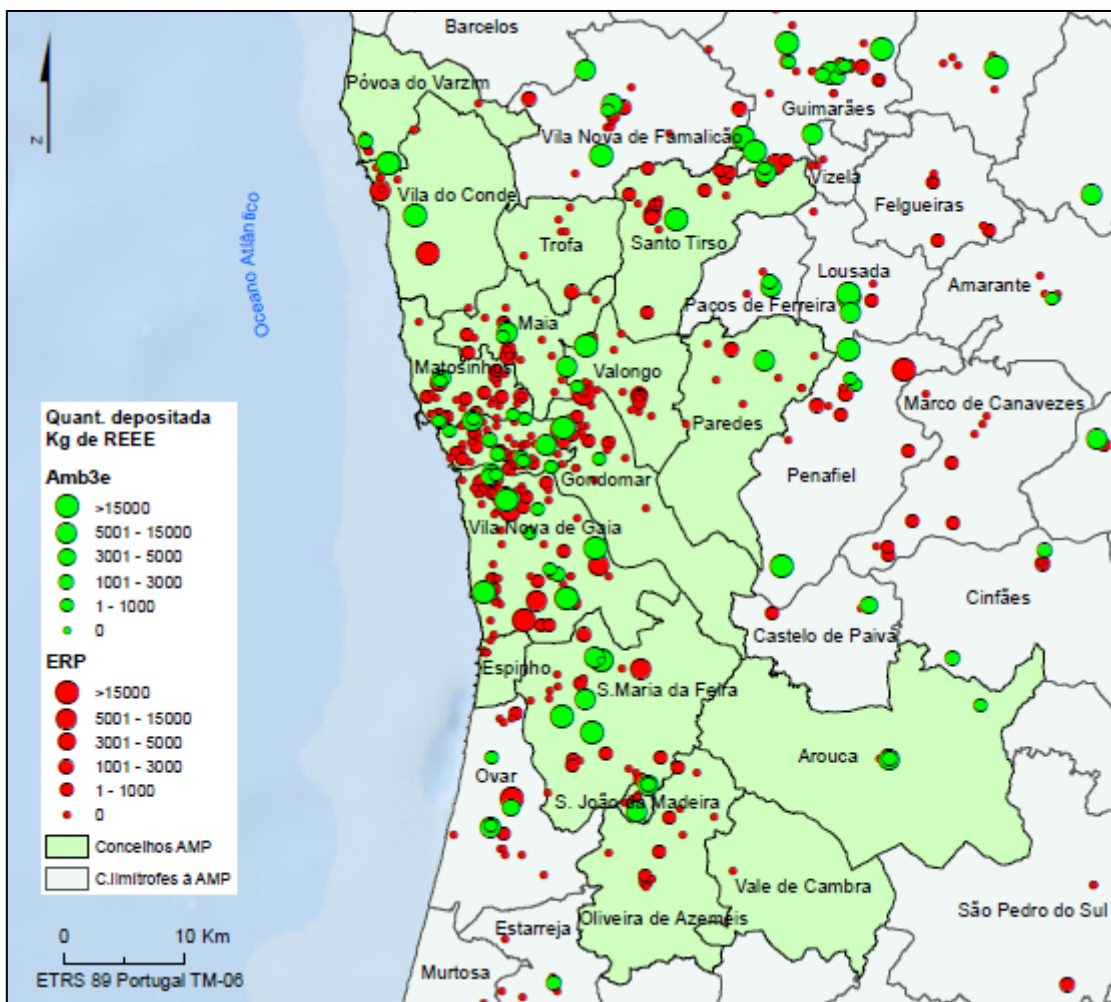


Figura 5 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha e quantidade de REEE recolhida em cada local Amb3e e ERP, na Área Metropolitana do Porto, em 2014.

Fonte: Informação disponibilizada por as duas EG.

À escala nacional, as NUTS III que mais contribuíram com toneladas REEE recolhidas são as duas maiores concentrações de população do país, AML e AMP. Se juntarmos, mais as duas NUTS III que se seguem na classificação do quadro 3. A terceira, Viseu Dão Lafões, aqui em destaque pela quantidade de REEE recolhida, consequência do sucesso atingido junto da população desta região na realização das primeiras campanhas de sensibilização para depósito deste fluxo específico de resíduo no País, em razão da escolha de Tondela para a instalação da pioneira Unidade de Tratamento e Valorização REEE (ano 2000), não só de Portugal, mas inclusive da Península Ibérica. E a quarta NUTS III, a região Oeste, observamos 91,3% do total de toneladas REEE recolhido em 2014. Em particular constata-se que nas outras vinte NUTS III apenas se recolheram 8,7% de toneladas REEE.

Quadro 3 - Classificação da quantidade de REEE recolhido por NUTS III das duas EG e total nacional

Fonte: Informação disponibilizada por a Amb3e e ERP relativa ao ano 2014.

NUTS III	Quant. Amb3e (Kg)	Quant. ERP (Kg)	Total (Ton)	Total (%)	População residente	N.º Total Pontos de Recolha
AM Lisboa	14341594	6161855	20503,45	40,8	2,809,168	657
AM Porto	12136726	7269431,5	19406,16	38,6	1,731,354	389
Viseu Dão Lafões	4191249	187973	4379,22	8,7	260,062	79
Oeste	1622639	2406,5	1625,05	3,2	358,442	110
RA Madeira	654434	0	654,40	1,3	262,456	10
Região de Aveiro	55285	552768	608,05	1,2	364,457	109
RA Açores	496046	37465	533,50	1,1	246,746	92
Algarve	158075,5	327493,5	485,57	1,0	441,468	123
Região de Leiria	300766	54484	355,25	0,7	289,438	86
Tâmega e Sousa	260839	84294	345,13	0,7	425,588	62
Lezíria do Tejo	76115	136889,5	213,01	0,4	243,620	74
T. Trás-os-Montes	194927	0	194,93	0,4	112,179	41
Alto Alentejo	166670	0	166,67	0,3	112,084	34
Região de Coimbra	107924	35986	143,91	0,3	444,014	144
Baixo Alentejo	118327	6,5	118,33	0,2	121,859	67
Alentejo Central	95169	22763	117,93	0,2	159,861	68
Beiras e S. Estrela	112233	1288	113,52	0,2	223,916	55
Alentejo Litoral	101893	247	102,14	0,2	95,946	28
Alto Minho	76137	2389	78,53	0,2	237,997	73
Ave	59136	4501	63,64	0,1	419,826	78
Cávado	12188	24684	36,87	0,1	407,420	52
Médio Tejo	5681	367	6,05	0,0	239,200	67
Beira Baixa	0	3612,5	3,61	0,0	84,463	28
Douro	0	221	0,22	0,0	197,210	49
Alto Tâmega	0	0	0,00	0,0	90,211	16
Totais/Média	35344053,5	14911125	50255,13	100	10,132,239	2591

1.3.5 Sistema de recolha Amb3e - Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

Em ambas as redes de coleta, os pontos de recolha são fundamentais ao assegurar a concentração temporária dos resíduos, pela maior proximidade e facilidade de acesso junto do detentor de REEE, bem como, pela indiferenciação do nível de serviço prestado, isto é, sem ser necessária qualquer intervenção humana. A Amb3e dispunha das seguintes tipologias de PR, em 2016:

PR SMAUT (Sistema Municipal e Autarquias - operador de recolha e/ou triagem para os resíduos sólidos urbanos): constituídos essencialmente por ecocentros e estações de transferência dos SMAUT; PR Privados: tipicamente integrados em empresas privadas e organismos públicos, não estando acessíveis ao público em geral; PR Distribuição: localizados no âmbito da distribuição, onde não existe espaço e disponibilidade para a colocação de pontos eletrão; PR Bombeiros: instalados nos quartéis das Associações Humanitárias de Bombeiros Voluntários; PR Ponto Eletrão: constituídos por equipamentos de receção de resíduos em locais muito próximos dos consumidores e do público em geral, particularmente, em grandes superfícies comerciais. PR Recolha Especial: localizados nas instalações de detentores de REEE que reuniram um mínimo de 250 kg e que solicitaram uma recolha à Amb3e. Não têm um carácter permanente na Rede Eletrão; PR Campanhas: localizados nas instalações do público-alvo das campanhas de ativação da Rede Eletrão. Em 2016, realizaram-se as campanhas Escola Eletrão e a participação no Rock in Rio Lisboa.

Os Centros de Receção, que são instalações que efetuam a receção, triagem, armazenamento, consolidação e preparação para expedição de REEE, em condições otimizadas, com vista ao tratamento e valorização. São locais abertos ao público, com infraestrutura e recursos humanos com capacidade para assegurar a gestão operacional e administrativa do processo de receção de REEE.

As Plataformas de Consolidação que são caracterizadas por desempenhar um tipo de serviço equivalente ao dos centros de receção, mas com um nível de especialização e otimização mais elevados. O quadro 4 resume a distribuição do número de PR nas referidas tipologias.

Quadro 4 - Evolução do número de locais de recolha REEE por tipologia Amb3e, entre 2011 e 2015.

Fonte: Relatórios anuais de atividade Amb3e.

Locais de Recolha	2011	2012	2013	2014	2015
Centros de Recepção	98	96	89	86	86
PR SMAUT	127	126	127	130	133
PR Privados	44	82	96	104	137
PR Distribuição	20	38	35	34	104
PR Bombeiros	47	75	75	78	92
PR Ponto Eletrão	181	195	191	214	505
PR Recolha Especial	--	--	--	--	156
PR Campanhas	--	--	--	--	99
Total	517	612	613	646	1312

No que respeita ao rácio de habitantes (Distrito/Região) por local de recolha registou um benefício significativo da sua média no ano 2015, em função do aumento de mais do dobro do número de PR em comparação ao ano 2014 (Quadro 4).

O que representou passar de um rácio médio 16350 habitantes por local de recolha em 2014, para um rácio médio de 8050 habitantes por local de recolha verificado em 2015 (gráfico 7), demonstrando a estratégia de aumento da capilaridade da sua rede a partir de 2015. Além destes locais para deposição existem outras infraestruturas a operar na rede Amb3e que importa identificar.

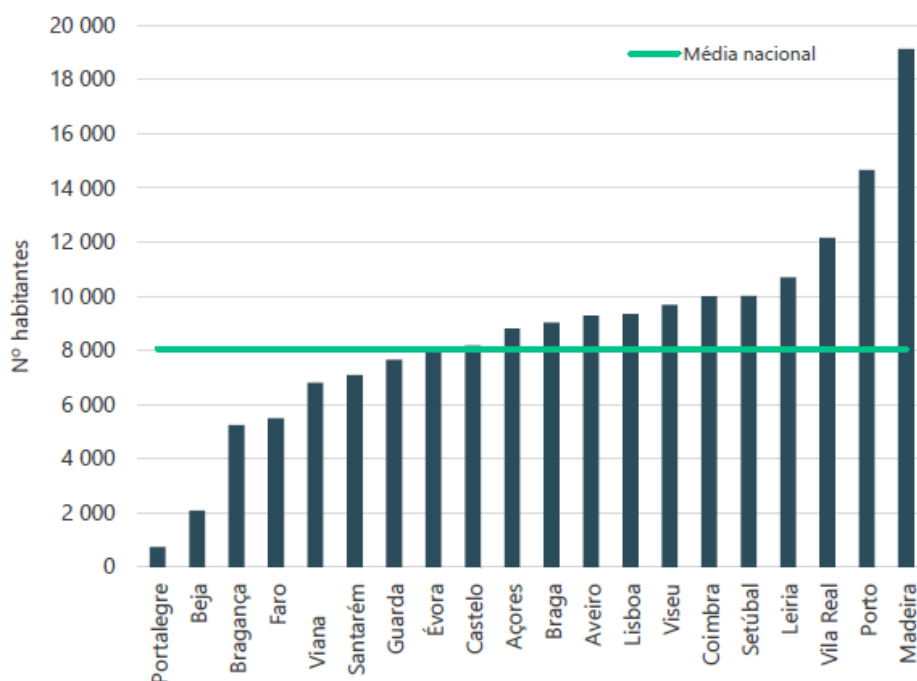


Gráfico 7 - Rácio de habitantes por local de recolha da Rede Amb3e, em 2015

Fonte: Relatório anual de atividades ERP.

Os Operadores Logísticos são os intervenientes a quem compete assegurar os serviços de recolha dos REEE a montante dos centros de receção e das plataformas de consolidação, designados de operadores logísticos de recolha e por o transporte otimizado entre centros de receção/plataformas de consolidação e as unidades de tratamento e valorização – operadores logísticos de transporte.

Assim como as Unidades de Tratamento e Valorização que se constituem como os parceiros operacionais responsáveis pelo tratamento seletivo e o correto encaminhamento das frações que resultam dos diferentes processos de tratamento e valorização de REEE. Desempenham um papel determinante no fecho do ciclo da gestão dos fluxos específicos de resíduos. O esquema apresentado na figura 6 sintetiza o sistema adotado pela Amb3e.

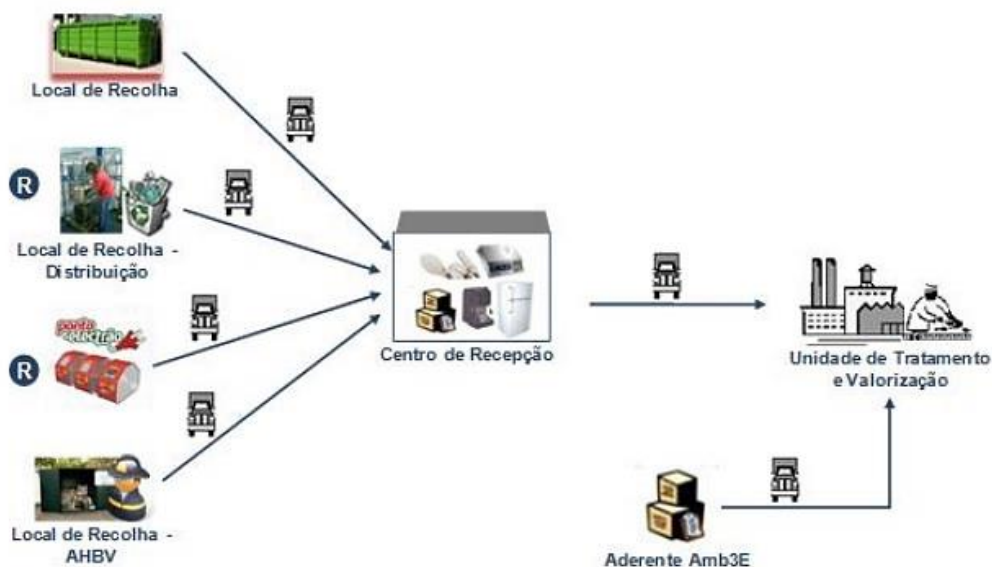


Figura 6 - Sistema integrado de gestão para resíduos elétricos e eletrônicos da Amb3e, 2015
Fonte: Relatório anual de atividades Amb3e (2015).

1.3.6 Sistema de recolha ERP - Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

Por outro lado, a rede de recolha ERP em 2015 era constituída por PR associados apenas a quatro tipologias distintas: os Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU), a Distribuição (pontos de recolha especiais), os Operadores Privados e a rede de Depositões (recolha de proximidade), onde se incluem escolas e outras entidades com uma recolha essencialmente apoiada na logística do Depositário. A Figura 7 resume o fluxo de REEE no sistema ERP.

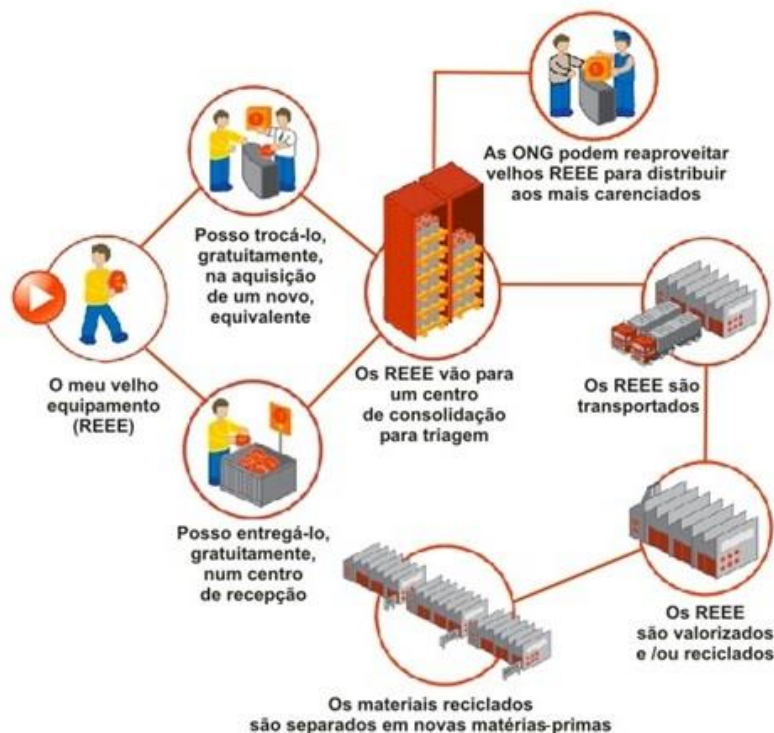


Figura 7 - Sistema integrado de gestão para resíduos elétricos e eletrônicos da ERP, 2015.

Fonte: Relatório anual de atividades ERP (2015).

A importância estratégica dos parceiros SGRU da ERP na consolidação da rede de recolha advém dos 52% da população nacional estar presente nas áreas de implantação destas entidades, assim como a acessibilidade aos locais de deposição e posterior recolha de REEE.

A Distribuição, nomeadamente através dos Associados da Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição (APED), mantem-se como um importante parceiro nas ações de Comunicação e Sensibilização.

Os Operadores Privados de gestão de resíduos permitiram complementar a abrangência geográfica dos restantes canais ERP, além de potenciarem o acesso a REEE que provêm da atividade própria destas entidades, através do contacto que mantêm com diversas origens de resíduos.

A rede de recolha de proximidade “Depositrão”, resultou de uma campanha iniciada em 2008, dirigida sobretudo aos mais novos, sem excluir todas as outras faixas etárias. Insere-se na estratégia de sensibilização ambiental da ERP. Nesta campanha, a maior

redução do número de pontos de recolha registou-se em 2014 (Quadro 5), por um lado deve-se ao encerramento de muitas escolas nesse ano (razões político-económicas vividas no país), relativamente a 2013, por outro lado, houve escolas que não mostraram interesse em prosseguir a campanha “Depositrão” em 2014. Por estas razões, houve menos 57 escolas em 2014 (561) que não receberam esta rede de recolha de proximidade face ao ano anterior (618).

Em 2015 esteve presente em 1204 pontos de recolha, pertencentes a escolas (669), lojas de cadeias de distribuição (339) e outras empresas/entidades (196). O quadro 5 sintetiza a distribuição do número de PR pelas quatro tipologias ERP.

Quadro 5 - Evolução do número de locais de recolha REEE por tipologia ERP entre 2011 e 2015.

Fonte: Relatórios anuais de atividade ERP.

Locais de Recolha	2011	2012	2013	2014	2015
SGRU	66	66	66	75	75
Distribuição	623	607	901	910	936
Op. Privados	23	20	17	20	25
Depositrão e Outros	942	996	703	657	935
Total	1654	1689	1687	1662	1971

Em termos médios, a disponibilização dos pontos de recolha na rede ERP para a população nacional fixou-se em 5264 habitantes por ponto de recolha (gráfico 8), o que representa um aumento de disponibilidade de pontos por habitante face a 2014 (Quadro 5).

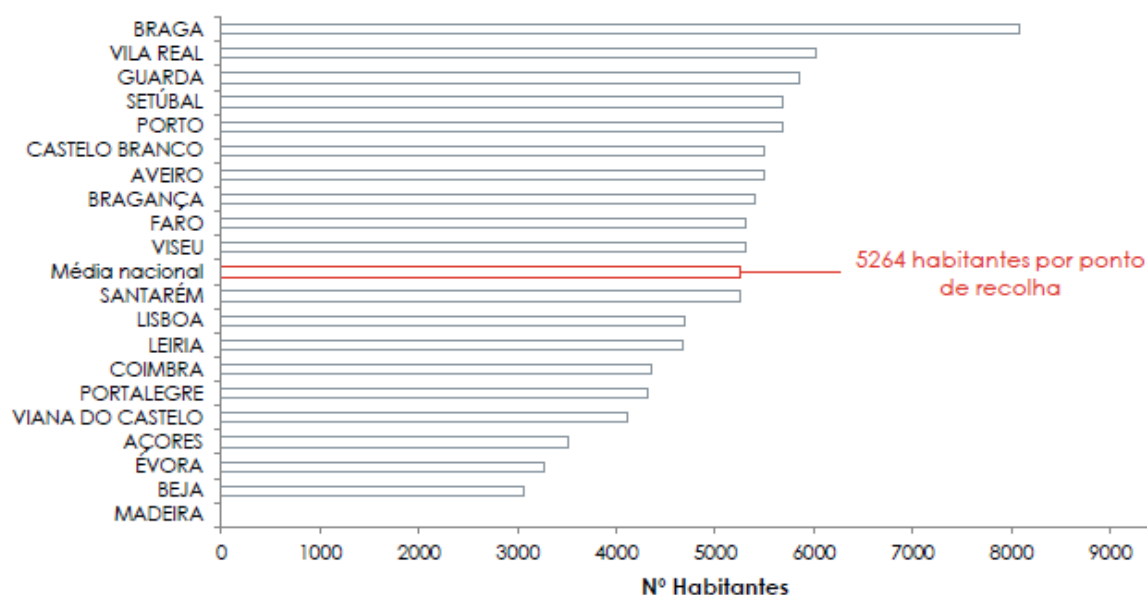


Gráfico 8 - Rácio de habitantes por local de recolha da Rede ERP, em 2015.

Fonte: Relatório anual de atividades ERP.

Os dados aqui apresentados revelam que a ERP não possui condições semelhantes às da Amb3e para que o mercado nacional seja plenamente concorrencial. Niza S. Santos E., Costa I., Ribeiro P., Ferrão P. (2014) defendem no seu estudo que por não se verificarem diferenças significativas ao nível dos custos imputados ao produtor, da mesma forma, o facto de não existirem incentivos aos consumidores tendo em vista angariar mais quantidades deste tipo de resíduos, o mercado da gestão de REEE não abrange todo o seu potencial, no nosso país.

De acordo com relatórios ambientais realizados por a organização não governamental de ambiente Quercus, o sistema de gestão de REEE apresenta várias falhas devido ao facto das licenças das duas sociedades gestoras não serem equivalentes e não incluírem um mecanismo de compensação (quando a quantidade de recolha REEE não é atingida, é suposto legalmente a EG ressarcir as perdas), o que gera uma situação de concorrência desleal que tem inibido o aumento da recolha e reciclagem deste tipo de resíduos.

Quadro 6 - Evolução síntese dos elementos pertinentes que constituem a rede de recolha REEE em Portugal entre 2010 e 2015.

Fonte: Informação disponibilizada pela APA, Amb3e e ERP.

	Anos						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
N.º de produtores	1566	1614	1694	1684	1680	1758	1953
EEE colocado no mercado (Ton)	165356	130747	117001	121582	121944	130404	149229
REEE recolhido (Ton)	46673	55779	39808	44499	50255	52621	59992
N.º de pontos de recolha	1851	2171	2301	2300	2308	3283	4233
Kg de REEE recolhido/Hab.	4,4	5,3	3,7	4,2	4,8	5,1	5,9

Da análise ao quadro 6 fica patente o esforço progressivo que tem sido conferido para o aumento de todos os indicadores de recolha, verificando-se uma evolução favorável, em particular no último ano (2016), relativamente ao número de locais de recolha e consequentemente à quantidade REEE depositada.

Dos diferentes desequilíbrios identificados na rede de recolha REEE do nosso país, evidencia-se a disparidade de quantidades recolhidas ao nível do território, em particular das NUTS III de Lisboa (40,8%) e Porto (38,6%) bem expressivas, relativamente a todas as outras regiões. Outra divergência que se sublinha, a que respeita à categoria REEE mais recolhida, os grandes eletrodomésticos (58,3%) face às restantes.

Portugal efetivamente, tem dado cumprimento à meta de recolha indicada pela UE, que é definida de acordo com um dos dois requisitos, que se indicam em seguida, mais

concretamente com aquele que produza o maior valor absoluto: pelo menos 4kg/hab/ano de REEE provenientes de utilizadores particulares; ou a quantidade média de REEE recolhidos nos três anos anteriores, provenientes de utilizadores particulares.

Claramente, os sistemas de recolha implantados pelas duas EG tem uma margem de progressão muito superior aos resultados obtidos até ao momento, face não só ao crescimento da competitividade de mercado entre Amb3e e ERP nos últimos anos, mas sobretudo às apostas feitas em campanhas de sensibilização ao público em geral e aos mais jovens em particular (iniciadas em 2006), que se irão refletir nas taxas de deposição.

1.4 Identificação da rede de recolha REEE no concelho de Lisboa

O concelho de Lisboa em 2014, registava 131 locais de recolha, 62 Amb3e e 69 ERP. A densidade de pontos de recolha nas diferentes freguesias pode estar relacionada com os produtores aderentes a cada uma das entidades gestoras de REEE, pelo que a interpretação da distribuição atual dos pontos de recolha deve ter este facto em consideração.

Não obstante, e para efeitos de caracterização da região, destacam-se as freguesias de Alvalade (20) e Lumiar (15) com o maior número de locais para recolha (Figura 8), contudo as quantidades REEE aí depositadas apenas representam a décima e a nona posição respetivamente (Quadro 7), entre as vinte e duas freguesias que completam o município, as quais contém dez ou menos locais, para recolher este tipo de resíduo.

Quadro 7- Número total de locais de recolha e quantidades de REEE depositadas nas freguesias do concelho de Lisboa em 2013 e 2014.

Fonte: Informação disponibilizada por a Amb3e e ERP.

Freguesia	Ano 2013						Ano 2014					
	Número de locais para deposição reee			Quantidade reee depositada (Kg)			Número de locais para deposição reee			Quantidade reee depositada (Kg)		
	Amb3e	ERP	Total	Amb3e	ERP	Total	Amb3e	ERP	Total	Amb3e	ERP	Total
Estrela	2	2	4	156376	0	156376	2	2	4	148079	0	148079
Olivais	4	3	7	5721	380	6101	6	3	9	102488	325	102813
Carnide	4	6	10	49526	5721	55247	4	6	10	32991	9678	42669
Alcântara	4	2	6	32866	164	33030	5	2	7	32169	7287	39456
S.Dom.de Benfica	2	5	7	7420	44480	51900	2	5	7	4316	27933	32249
Penha de França	2	0	2	19830	0	19830	1	0	1	22520	0	22520
Benfica	2	1	3	36634	240	36874	2	1	3	20380	383	20763
Avenidas Novas	4	3	7	13064	1053	14117	5	3	8	14674	3862	18536
Lumiar	8	9	17	45086	1398	46484	6	9	15	13489	2434	15923
Alvalade	15	3	18	39189	0	39189	17	3	20	13503	1328	14831
Misericórdia	1	0	1	12997	0	12997	1	0	1	10460	0	10460
Parque das Nações	2	7	9	8241	8744	16985	3	7	10	5712	2784	8496
Marvila	1	5	6	7590	810	8400	1	5	6	4640	2019	6659
Campo de Ourique	1	4	5	0	0	0	1	4	5	3652	1498	5150
Belém	0	1	1	0	1500	1500	1	1	2	2933	686	3619
Areeiro	2	3	5	1903	0	1903	1	3	4	1010	1332	2342
Arroios	1	6	7	0	200	200	1	6	7	601	322	923
Campolide	2	2	4	1043	294	1337	1	2	3	259	592	851
Beato	1	3	4	4751	0	4751	0	3	3	0	667	667
Santo António	1	1	2	1228	82	1310	1	1	2	170	0	170
Ajuda	1	0	1	318	0	318	1	0	1	147	0	147
Santa Maria Maior	1	2	3	73	6	79	0	2	2	0	12	12
Santa Clara	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
São Vicente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totais	61	69	130	443856	65072	508928	62	69	131	434193	63142	497335

Entre sete e dez locais para deposição encontram-se as freguesias de Carnide, Parque das Nações, Olivais, Avenidas Novas, Alcântara, São Domingos de Benfica e Arroios. Seguem-se as freguesias de Marvila, Campo de Ourique, Estrela, Areeiro, Benfica, Campolide, Beato, Belém, Santo António e Santa Maria Maior, que contém entre dois e seis pontos para deposição. Os últimos lugares desta lista são ocupados por as freguesias de Santa Clara, Penha de França, Misericórdia e Ajuda que apresentam apenas um local para recolha, no entanto só em Santa Clara não houve qualquer quantidade REEE depositada. Por outro lado, São Vicente é a única freguesia que não contém locais para deposição e consequente contribuição nula de REEE recolhidos para a região em 2013 e 2014.

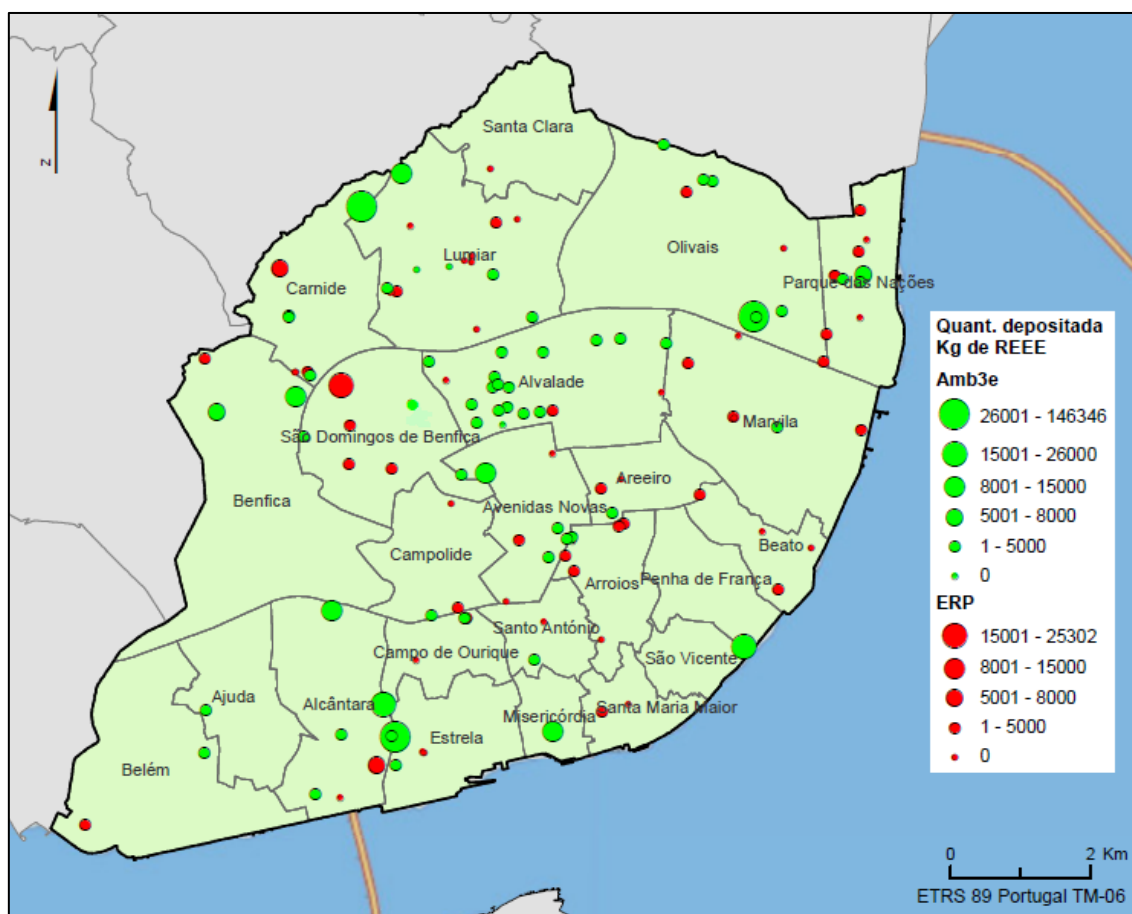


Figura 8 - Distribuição geográfica dos pontos de recolha e quantidade de REEE recolhida em cada local Amb3e e ERP, no concelho de Lisboa, em 2014.

Fonte: Informação disponibilizada por as duas EG.

No que respeita às maiores quantidades REEE recolhidas em 2014, evidenciam-se as freguesias da Estrela e dos Olivais (Figura 8), as únicas a registar valores acima dos cem mil quilogramas (Quadro 7), apesar de respetivamente terem apenas quatro e nove pontos de recolha. Seguem-se num segundo grupo as freguesias de Carnide, Alcântara e São Domingos de Benfica, com quantidades recolhidas entre 32249 e 42669 quilogramas, por a mesma ordem contendo dez e sete locais para deposição cada uma das restantes. O terceiro grupo composto por as freguesias de Penha de França, Benfica, Avenidas Novas e Lumiar com quantidades recolhidas entre 15923 e 22520 quilogramas, apresentam um número de pontos para deposição muito diferente entre si, mas paradoxalmente nestas quatro freguesias, as com menos locais de recolha acumularam maior quantidade de REEE e as com mais pontos de deposição registam menor quantidade depositada. As freguesias de Alvalade, Misericórdia, Parque das Nações, Marvila e Campo de Ourique ocupam o quarto grupo com quantidades REEE recolhidas entre 5150 e 14831 quilogramas. As freguesias de Belém, Areeiro, Arroios,

Campolide, Beato, Santo António, Ajuda e Santa Maria Maior com valores abaixo dos 3619 e acima dos escassos 12 quilogramas de REEE recolhidos ocupam o penúltimo grupo. Sem qualquer quantidade recolhida deste fluxo específico de resíduo encontram-se as freguesias de Santa Clara e São Vicente.

CAPÍTULO II- RELAÇÃO ENTRE GEOGRAFIA, RECOLHA E RECICLAGEM REEE

2. A reciclagem como objeto de estudo e de intervenção

Antes de produzir uma estratégia de reciclagem baseada em princípios científicos é necessário ter em consideração as variações que se registam de país para país ou mesmo de região para região, dado que as características de cada comunidade influenciam a forma como os indivíduos se envolvem nos processos de deposição e reciclagem de resíduos.

Além disso, a esta diversidade de circunstâncias deve estar relacionada: as características demográficas e socioeconómicas dos aglomerados populacionais, com os aspetos geográficos, com o nível de participação da população, com o espaço disponível, com o destino dos resíduos, entre outros fatores (Quercus, 1994).

A esta multiplicidade de fatores, a este tipo específico de resíduos junta-se a agravante das características química e física dos seus componentes conterem um elevado número de substâncias diferentes, algumas reutilizáveis e outras nocivas, variando a sua composição consoante a idade e o tipo de equipamento (Robinson, 2009; Morf, 2007), facto que aumenta o desafio, para a recolha deste tipo de resíduos junto da população.

Milovantseva e Saphores (2013) referem que podem ser adotadas duas medidas para proteger quer a saúde pública quer o ambiente, são elas a reciclagem e a produção de “produtos mais verdes”, com menos materiais tóxicos. Para além de uma estrutura adequada de reciclagem dos REEE, Milovantseva e Saphores (2013) referem que devem ser implementadas várias medidas complementares, que se seguem:

- a) Educar os consumidores, informando-os do perigo da eliminação incorreta dos REEE e explicando-lhes os benefícios de os tratar corretamente;
- b) Responsabilizar os produtores pelo fim do ciclo de vida dos seus produtos. Esta medida é bastante utilizada em todo o mundo;
- c) Implementação de incentivos económicos para a reciclagem;
- d) Por último, a proibição, com regulação, da eliminação dos assim denominados REEE nos resíduos domésticos (de difícil execução).

Milovantseva e Saphores (2013) conduziram um estudo em que analisam o impacto da proibição da eliminação de REEE nos resíduos domésticos, para os telemóveis e

televisores. Concluíram que a taxa de reciclagem aumentou para o caso dos telemóveis, no entanto não teve impacto significativo na reutilização, e no que se refere aos televisores a proibição não teve nenhum impacto significativo.

Se juntarmos a todas estas variáveis, a complexidade de produtos de consumo que este fluxo específico abrange, com grande variabilidade das taxas de insucesso e de obsolescência na sua recolha, significa que é difícil prever, se uma determinada estratégia de tipo de recolha será rentável numa determinada região, ou qual o volume que será gerado (Morf, 2007).

Muitas vezes, o cidadão não se apercebe da dimensão que esta economia circular abrange, designadamente do papel fundamental que a sua atitude ecológica significa para a preservação de recursos e contribuição da melhoria económica, não só por via da reutilização, poupando em matéria prima, como ainda de energia e custos do trabalho gastos para a sua transformação.

Por todas estas importantes razões ambientais é de grande relevância também, a motivação dos indivíduos para adotarem o comportamento correto que os leve a depositar e reciclar este tipo de resíduos nos locais próprios para o efeito. Uma vez que, para encontrar a melhor decisão é necessário realizar alterações na estrutura dos comportamentos diários, sendo fundamental perceber os fatores que levam os indivíduos a reciclar (Gonçalves e Painho, 1997).

2.1 Fatores determinantes para reciclar REEE

Vários estudos têm vindo a ser desenvolvidos com o objetivo de averiguar os fatores que determinam o comportamento dos consumidores para a reciclagem de resíduos.

As primeiras investigações que abordam a questão social da reciclagem, datam dos anos 1970 e prolongam-se pelas décadas seguintes, sendo desenvolvidos especialmente no âmbito da Psicologia Social, nos EUA. São estudos que colocam o seu foco de análise nas questões relacionadas com a identificação dos fatores que influenciam o comportamento, numa lógica de causa-efeito.

Vários são os fatores apresentados (e testados) nestes estudos, no âmbito disciplinar da Geografia, destacam-se as investigações de Barr (2002) e Barr (2003). Na sua revisão de literatura Barr et al. distingue três grandes grupos de variáveis envolvidas no que diz respeito ao comportamento ambiental em geral, e que se podem aplicar à questão específica deste tipo de resíduos: valores ambientais, fatores situacionais e variáveis psicológicas.

As que dizem respeito aos valores ambientais estão articuladas aos estudos de escalas quantitativas de valores onde se localizam os estudos pioneiros de Dunlap e van Liere (1978), o esquema de valores ecocêntricos-tecnocêntricos de O'Riordan (1985) e ainda o trabalho desenvolvido por Thompson e Barton (1994) sobre as atitudes ecocêntricas e antropocêntricas em relação ao ambiente.

Em muitos casos têm sido encontradas relações significativas entre os conhecimentos ambientais, preocupações ambientais e comportamentos ambientais (Ostman e Paker, 1988; Arbuthnot 1974; Katzev e Johnson, 1984). Estas conclusões têm levado alguns autores a partir do princípio que o conhecimento geral de conservação deverá guiar os comportamentos ambientais. Mas, como referem Oskamp et al. (1991), não se pode assumir à partida que os cidadãos ambientalmente mais conscientes sejam os mais recicladores. Os mesmos níveis de conhecimento e preocupação ambiental poderão produzir comportamentos completamente diferentes em relação a cada um dos tópicos ambientais (e.g. energia, água, resíduos, consumo).

No âmbito nacional, de acordo com os resultados obtidos pelo inquérito realizado por Garcia (1998), o termo ambiente surge, para a maioria dos portugueses (57%), como uma dimensão bio-física ("árvores", "elementos meteorológicos", "animais", etc.), para

12% as respostas associam-se a ambiente social e humano ("convívio", "amizade", "vizinhança", "boas relações familiares") e para 15% o ambiente tem uma conceção mais lata, inclui o ambiente socio-bio-físico ("relação entre homem e natureza", "o que nos rodeia", "o sítio onde vivo", etc.). Em relação ao subconjunto das respostas localizadas nas dimensões biofísica e socio biofísica da noção de ambiente, é o ambiente próximo (quadro de vida quotidiana/experiência pessoal) e o que lhe falta (poluição, natureza) o que predomina, o ambiente conceptualizado em termos de civismo, informação, cidadania, responsabilização, isto é, uma aceção política e social, não estando totalmente ausente é residual (Lima, 1998).

Quanto aos fatores situacionais, que dizem respeito a variáveis da situação em que a pessoa se encontra e que constituem os contextos mais ou menos favoráveis ao comportamento ambiental, em geral, e a separação doméstica do lixo para a reciclagem, em particular, destaca-se o acesso a infraestruturas e serviços adequados no sentido da sua "conveniência" (Derksen e Gartell, 1993; Gardner e Stern, 1996) ou fatores sociodemográficos como a idade, género, escolaridade, rendimento (Schultz, 1995), ou ainda a influência no comportamento do grau de informação, conhecimento e experiência dos indivíduos (Barr et al. 2001).

Por exemplo, Yin et al. (2013) concluíram que os principais fatores que afetam a perceção dos consumidores para a entrega em específico de telemóveis em fim de vida são o conhecer a localização geográfica do local de deposição, o nível de escolaridade e o rendimento mensal.

Embora McGuire (1984) e Spaccarelli (1989-90) não tenham encontrado relação entre rendimentos em determinados bairros dentro de uma cidade e o comportamento de reciclagem, Jacobs (1984), identificou que os bairros com maior valor habitacional tinham consistentemente maiores níveis de participação na reciclagem do que aqueles com valores de habitação mais baixos. Da mesma forma, Vining e Ebreo (1990), ao olhar para recicladores individuais, identificaram que o consumidor com rendimentos mais altos tem taxas de reciclagem ligeiramente mais elevadas do que o consumidor com menos rendimentos.

Em relação à idade, Vining e Ebreo (1990) encontraram uma relação positiva entre a idade e o comportamento de reciclagem, enquanto Folz e Hazlett (1991) descobriram que a média de idade dos residentes não estava relacionada com o comportamento de

reciclagem. Kipperberg (2007) também identificou que a idade teve um impacto positivo no comportamento de reciclagem.

Vining e Ebreo (1990) não encontraram relação entre educação e comportamento de reciclagem em nível individual, enquanto Folz e Hazlett (1991) verificaram que o nível de educação nas cidades estava positivamente relacionado com o nível de participação na reciclagem.

A uma escala local também é importante a integração dos aspetos psicossociais (os valores, as motivações, as atitudes e comportamentos específicos) da população alvo porque se revelam como aspetos essenciais para o delineamento da rede de pontos de recolha mais indicada para a reciclagem de resíduos que se pretende operacional.

Por fim, as variáveis psicológicas, incluem fatores de personalidade altruísta (Barr, 2002) ou a motivação intrínseca para agir, como a satisfação que advém de certo comportamento (DeYoung, 1986). Barr identifica na sua revisão outras variáveis, como a criação de normas de conduta subjetiva que tem um efeito de pressão social para agir de acordo com essa norma, tendo a reciclagem essa potencialidade. Outra questão envolvida no comportamento ambiental da reciclagem está relacionada com a perceção de uma ameaça ambiental que é preciso combater de forma eficaz; as pessoas acreditam (ou não) que a sua ação individual vai fazer a diferença na solução e a sua capacidade de agir terá de ser um fator a ter em conta na questão da adesão à reciclagem (Tucker, 1999). Por fim, faz referência a fatores de cidadania que se relacionam com a procura de equilíbrio entre os direitos do ambiente e as responsabilidades ambientais dos cidadãos.

Por mais análises científicas que se fizeram sobre esta matéria, constata-se que não existe consenso entre especialistas nos estudos relativos aos fatores que mais influenciam o comportamento para reciclar REEE, nem sequer certezas absolutas de quais as classes mais favoráveis que cada fator insere. Os resultados em geral são inconclusivos, neste sentido entendeu-se que a melhor forma de selecionar os fatores a incluir na presente investigação resultaria da maioria de autores que defendem mais fatores comuns nos seus estudos, o quadro seguinte apresenta os trabalhos mais importantes neste âmbito:

Quadro 8 - Fatores determinantes no comportamento da reciclagem REEE**Fonte:** Adaptado de Maheshwar (2015)

	Significativo	Não Significativo
Demográficas		
Género	Aadland and Caplan (1999), Sterner and Bartelings (1999), Garces et al., (2002), Saphores et al. (2006, 2012)	Momoh and Oladebeye (2010), Laroche et al. (2001) Webster (1975), Vining e Ebreo (1990), Hopper e Nielson (1991), Oskamp et al. (1991), Gamba e Oskamp (1994)
Idade	Aadland and Caplan (1999), Sterner and Bartelings (1999), Martin et al., (2006), Song et al. (2012), Vining and Ebreo (1990), Kipperberg (2006)	Tiller et al. (1997), Do Valle et al. (2004), Momoh and Oladebeye (2010), Laroche et al. (2001), Saphores et al. (2012), Folz e Hazlett (1991),
Educação	Aadland and Caplan (1999), Sterner and Bartelings (1999), Samdahl and Robertson (1989), Scott and Willits (1994), Nixon and Saphores (2007), Webster (1975), Lansana (1992), Song et al. (2012), Folz e Hazlett (1991)	Momoh and Oladebeye (2010), Laroche et al. (2001), Saphores et al. (2012)
Nº. do agregado familiar	Aadland and Caplan (2003), Budak and Oguz (2008)	Martin et al. (2006), Laroche et al. (2001)
Localização	Caplan et al. (2002)	Momoh and Oladebeye (2010), Laroche et al. (2001)
Etnia		Saphores et al. (2012)
Status residencial	Budak and Oguz (2008)	
Condições ambientais	Gelissen (2007)	
Económicas		
Rendimento familiar	Aadland and Caplan (1999), Martin et al. (2006), Caplan et al. (2002), Garces et al. (2002), Vining and Ebreo (1990), Lake et al. (1996), Tiller et al. (1997), Song et al. (2012), Jacobs, Bailey e Crews (1984), Oskamp et al. (1991)	McGuire (1984), Garces et al. (2002), Saphores et al. (2012), Spaccarelli, Zolk e Jason (1989-90)

A maioria dos autores caracterizam os recicladores REEE com uma preocupação elevada para as questões ambientais, têm uma melhor educação (Arbuthnot, 1974), possuem rendimentos acima da média (Van Liere e Dunlap, 1980), são ideologicamente liberais (Dunlap, 1975; Schultz e Stone, 1994) e residem de modo geral nas cidades (Buttel e Flinn, 1976; Van Liere e Dunlap, 1980).

Por outro lado, os estudos também revelam uma grande ambiguidade de resultados obtidos, no que respeita à influência do fator género para a reciclagem (Hines et al. 1985; Arcury et al. 1987). Os trabalhos de investigação desenvolvidos nesta área, mostram que não existem relações significativas entre o sexo dos indivíduos e o seu comportamento para reciclar. Em Portugal, um inquérito realizado em 1997, também

não verificou diferenças entre o comportamento das mulheres e homens no que respeita à reciclagem (Garcia, 1998).

A maior parte dos autores que têm procurado relacionar a atividade de reciclagem com o sexo dos indivíduos são unânimes em afirmar que não existem correlações significativas, homens e mulheres reciclam de igual modo (Vining e Ebreo, 1990; Gamba e Oskamp, 1994; Schuttz, 1995). Parece, pois, que a relação entre sexo e comportamentos ambientais não se deve ao sexo em si, mas sim ao grau de contacto ou experiência que cada indivíduo tem sobre o comportamento em causa.

Atualmente, dado a maior repartição das tarefas domésticas, é natural que a pessoa que faz reciclagem num determinado dia possa ser substituída por uma pessoa do sexo oposto noutra ocasião. Por outro lado, quando se interrogam os indivíduos sobre se reciclam ou não reciclam, mesmo não sendo eles a dedicar-se a essa tarefa e ser outro elemento da família de sexo oposto, a resposta é normalmente sim. A repartição das tarefas domésticas é efetuada com base nas normas sociais, disponibilidades ou gosto pessoal por as realizar e não tanto por se ser contra ou a favor delas, pelo que normalmente todos os elementos da família assumem realizar o conjunto das tarefas domésticas efetuadas nas suas casas, mesmo que sejam outros a fazê-las. Por este conjunto de fundamentações relativas ao comportamento semelhante para reciclar entre homens e mulheres, entendeu-se não incluir o fator género no presente estudo.

De forma semelhante, a relação entre idade e comportamentos específicos de reciclagem são ambíguos, quer em relação à existência quer em relação à direção dessa relação. Os investigadores que se especializaram nesta área (Folz e Hazlett 1991; Margai 1997; Gamba e Oskamp 1994) referem que as correlações apresentadas pelos diversos autores são normalmente muito fracas. Por esta razão a metodologia do presente estudo teve uma abordagem particular para cada uma destas variáveis, de modo a não adulterar o sucesso da investigação.

2.2 Espacialidade na recolha de REEE

A importância da localização para o sector dos Resíduos verifica-se pela capacidade que tem em responder a uma das questões mais relevantes para este sector (e da Geografia), o saber “Onde?”. Mais concretamente, tem relevância estratégica e de gestão saber: onde se encontram os geradores deste tipo de resíduo? Onde se encontram os pontos de

recolha da rede atual? Em que locais se concentram as maiores quantidades de REEE recolhidas? Entre outras.

De igual importância para o sector, vem uma outra questão também do foro geográfico: “O que...?”, ou seja, o que se encontra em determinado lugar. Quais as características socioeconómicas e hábitos ambientais que as populações dos locais com maior quantidade recolhida apresentam? Esta questão geográfica traduziu-se no método de aquisição de informação, para a construção e alimentação da base de dados geográfica desta investigação.

A localização foi sempre entendida por os planeadores do território como um fator crítico de sucesso de um ou mais equipamentos novos. No entanto, perceber todos os aspetos da localização, potencial da área de influência e comportamentos do reciclador de REEE pode revelar-se uma tarefa de elevada complexidade.

A investigação científica da localização de equipamentos, no âmbito do Planeamento Territorial e Urbano iniciou-se como disciplina autónoma em 1970, (Johns Hopkins Magazine, 1997) quando Charles ReVelle publicou o primeiro artigo relativo ao estudo da localização de hospitais, problema proposto pelo então presidente dos Estados Unidos da América, Lyndon B. Johnson.

Recorrendo a ferramentas de otimização e de programação linear, desenvolveu um modelo que incorporava os centros populacionais (procura) e determinou conjuntos de pontos (locais) onde os hospitais poderiam ser localizados, de forma a minimizar a distância média a percorrer pelos utentes. O artigo “Central Facilities Location” (ReVelle e Swain, 1970) é, pois, uma referência no domínio da localização.

O crescente interesse na modelação de problemas de localização, nomeadamente a gestão dos riscos (ambientais, tecnológicos, etc.) inerentes à decisão de implementação de bens imóveis (Thrall, 2002), ou o entendimento de um público-alvo relativamente à importância de fatores demográficos como o género e idade ou fatores económicos como o rendimento dos utilizadores/clientes são determinantes para localizar, centros de saúde, educação, cultura, comércio, entre outros (Kotler, 2000). As classificações

geodemográficas apoiam na tomada de decisão, pois simplificam a realidade geográfica complexa tornando-a mais perceptível para as partes interessadas (Harris et al. 2005).

Em primeiro lugar, trata-se de decisões a serem tomadas em todos os níveis de organização humana, desde o individual e/ou familiar, passando pelos governos até às agências ou instituições internacionais. Em segundo lugar, tais decisões podem revestir-se de elevados impactes económicos, sociais e ambientais ao envolverem recursos significativos, podendo esse impacto estender-se a longo prazo. Por exemplo, uma família habita perto de uma Universidade, possui a vantagem dos filhos não necessitarem de recorrer a transportes públicos para se deslocarem para as aulas. Um músico que viva perto de uma sala de espetáculos poderá mais facilmente envolver os seus colegas de profissão nessas atividades. Contudo, se a comunidade de uma freguesia apresentar elevada densidade populacional e características impares para possuir muitos EEE, por mais amigos do ambiente que sejam os seus fregueses, se não dispuserem de um ponto “eletrão” ou “depositrão” a uma distância aceitável, sofrerão os efeitos que este tipo de resíduo possa provocar no seu bem-estar, ou no meio ambiente circundante, o que pode degradar, de forma significativa, a qualidade de vida dos seus habitantes. Estes exemplos evidenciam a importância que encerra a decisão da melhor localização para equipamentos diversos, como Universidades, salas de espetáculos ou pontos de recolha de REEE, o que contribui para o esforço de investigação desenvolvido nesta área.

2.2.1 Estudos de planeamento para instalação de pontos de recolha

Nem sempre o planeamento da distribuição de locais para depositar resíduos é definitivo, devido a alterações nos hábitos populacionais, na densidade populacional, ou devido aos efeitos da sazonalidade.

As alterações ao nível da demografia, geografia e economia influenciam de forma indelével o depósito de resíduos, diferenciada ou indiferenciada, numa determinada região, e a avaliação da rede de distribuição de pontos de recolha de resíduos deve acompanhar estes desenvolvimentos. Isto é válido também para o tipo de contentores utilizados e a sua adequação pode constituir uma mais-valia para o sistema (Gamberini, 2009).

Por outro lado, poderão existir redes de implantação de contentores de recolha seletiva de resíduos cujo planeamento inicial tenha acontecido apenas superficialmente e que, por isso, necessitem que as suas características sejam reajustadas, em algum momento após a sua distribuição, com um eventual destacamento de zonas mais carenciadas a este nível (Lin, 2010).

Em geral, os trabalhos de investigação que envolvem o estabelecimento otimizado de locais para colocação de contentores para recolha de resíduos, quer estes sejam orgânicos ou recicláveis, ou mesmo de recolha indiferenciada, baseiam-se em dados históricos pontuais sobre hábitos populacionais que são assumidos como homogêneos numa determinada região, em alguns casos, ou como direta e unicamente dependentes da distribuição populacional, noutros casos. Isto significa que os estudos existentes assentam na hipótese de uma distribuição uniforme de acordo com a taxa de geração de resíduos, deixando uma lacuna no que diz respeito à possibilidade de cada contentor, dentro de uma determinada rede de distribuição, ter uma taxa de utilização própria e diferenciada, dependente de um conjunto de fatores sociais, culturais, económicos e educacionais que geram diferentes atitudes perante o depósito de resíduos e, particularmente, perante a reciclagem (Mgaya e Nondek, 2004).

De igual modo, as duas EG deste fluxo específico em Portugal não consideram qualquer característica relacionada com os hábitos socioeconómicos da população ou a sua futura alteração para a distribuição dos locais de depósito de REEE, adotando como critério geral e quase exclusivo:

- 1) Em primeiro lugar o rácio de habitantes por local de recolha
- 2) Seguido de dados históricos pontuais (temporalmente não uniformes) de maiores quantidades recolhidas de REEE por ponto de coleta.

Esta conjuntura evidencia a exclusão de outros fatores com grau de influência semelhante ou até superior para aumentar substancialmente a taxa de depósito de REEE junto da população. Desta forma, fica demonstrada a margem de manobra para otimizar a atual rede de recolha REEE e sobretudo reforçar a pertinência deste tipo de estudos, no nosso país, não só no âmbito deste fluxo específico de resíduos, mas inclusive para todas as fileiras do sector que têm por desafio o aumento das taxas de deposição baseadas em determinadas características que a população alvo apresenta.

Considerando a recolha de resíduos um fenómeno espacial, a avaliação do potencial de deposição de uma região revela-se fundamental na implementação de qualquer local de depósito, por isso é essencial desenvolver medidas estratégicas, de modo a promover as funcionalidades e potencialidades dos SIG e incentivar a participação dos consumidores, técnicos e comunidade em geral. O crescimento da utilização destas aplicações dependerá muito dos objetivos dos diferentes agentes de política e planeamento, visto que a perspetiva de representar e partilhar aspetos relevantes do conhecimento local é importante na formulação de políticas de desenvolvimento local.

2.3 A aplicação dos SIG aos sistemas de recolha

Se todos os comportamentos humanos acontecem no espaço, a componente da localização pode ser estudada aprofundadamente, de modo a que sejam descobertas tendências e relações desses comportamentos no território.

Os SIG são ferramentas computacionais que permitem a integração e a manipulação de informação de natureza diversa, sendo especialmente adequados para variáveis de natureza espacial de âmbito global, regional ou local. Constituem um sistema de apoio à tomada de decisão que envolvem a integração de dados georreferenciados num ambiente orientado para a resolução de problemas, nomeadamente aqueles, em que a componente espacial está fortemente presente (Esteves, 2010).

Uma das características que diferenciam os SIG dos Sistemas de Informação (SI) convencionais é a capacidade de realizar operações de análise espacial. Com base em atributos espaciais e não espaciais de uma base de dados é possível estudar relações espaço-temporais, comportamentos atípicos (outliers) e padrões de fenómenos geográficos, sociais, culturais, biológicos e físicos, permitindo a compreensão da distribuição dos dados provenientes de fenómenos ocorridos numa determinada localização geográfica.

Os SIG são extremamente úteis para avaliação de acessibilidades, da eficiência de redes de transporte e para fazer análises de redes no cálculo de distâncias entre diversos pontos de interesse. Isto possibilita saber se determinado ponto de interesse está ou não

acessível e, ao mesmo tempo, conhecer qual a área de cobertura desse mesmo ponto de interesse (Ribeiro, 2010). Considerando os equipamentos de deposição de resíduos como pontos de interesse, a sua área de cobertura e acessibilidade são dados fundamentais na avaliação da adequação de um sistema de recolha e transporte deste tipo de resíduo específico à realidade local. Existem uma série de vantagens na aplicação de um SIG a um sistema de recolha e transporte de resíduos. De acordo com Silva (2009) esta aplicação possibilita conhecer a distribuição espacial dos contentores, fazer o levantamento, caracterização e georreferenciação dos vários pontos de recolha; e perceber a calendarização da recolha dos mesmos e avaliar a necessidade espacial de reforço da contentorização. Shmelev e Powell (2005) analisaram vários métodos, entre os quais, a utilização de SIG, identificando como vantagens o facto de refletirem padrões espaciais da distribuição geográfica de atores, fluxos e zonas sensíveis e permitirem a sua análise espacial. Outras mais-valias passam pela delimitação das áreas de cobertura da rede de pontos de recolha e pela simulação de rotas em função das necessidades de recolha e por conseguinte a adequação dos meios afetos às recolhas de diferentes materiais. Esta capacidade para estimar diferentes cenários de operação e necessidades de meios para fazer face a novos serviços, permitirá controlar o risco e a taxa de sucesso, minimizando efetivamente os custos operacionais (tempos de percurso, custos de combustível e manutenção da frota, custos com pessoal) sem perca da qualidade dos serviços prestados aos cidadãos.

CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA DEPOSIÇÃO REEE NA CIDADE DE LISBOA

3. Recolha, seleção e análise da informação geográfica

No início do processo de recolha identificaram-se as variáveis independentes que permitem determinar, por um lado, áreas desfavoráveis para recolher este tipo de resíduo e por outro, analisar a aptidão das áreas mais aptas para deposição de REEE em Lisboa.

O grau de dificuldade envolvido na procura de locais otimizados demonstrou que existem sempre casos, onde nenhuma localização irá reunir todas as vantagens, o que não significa que seja, todavia, completamente desprovida de características relevantes (Gabriel, 2013) para a investigação.

A escolha das variáveis independentes, utilizadas para determinar as possíveis localizações de futuros pontos de depósito REEE, ou a realocação dos existentes teve como principal fonte os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), em particular a informação relativa aos Censos de 2011, de base geográfica ou georreferenciada (bgri2011) que se encontra disponível à subsecção estatística. Foram selecionadas com base na literatura nacional, em particular Martinho, Maria G. M., (1998) na sua tese de doutoramento intitulada “Fatores determinantes para os comportamentos da reciclagem” (1998) e no trabalho de Gonçalves, Maria G. P. e Martinho, Maria G. M (2000) com o título “Gestão de Resíduos, Lisboa”, e ainda nomeadamente em relatórios disponíveis online pela APA, questionários escritos realizados às duas entidades gestoras de REEE durante o estágio deste estudo ou em teses de investigadores especialistas internacionais nesta área: Arbuthnot (1974); Gamberini., Gebennini, Rimini (2009); Robinson (2009), entre outros.

Parte da informação utilizada neste relatório existe em formato vetorial como a referida anteriormente. No entanto, existe informação relevante que não se encontra geocodificada (Quadro 9), como a informação referente à localização de todos os locais de recolha (associados à principal variável do estudo – Quantidades REEE depositadas) das duas entidades gestoras.

Quadro 9 - Informação cartográfica utilizada.

Temas	Escala/Resolução	Sistemas de referência	Ano	Fonte dos dados
Subsecções Estatísticas	1/10000	ETRS 1989 Portugal TM06	2011	Instituto Nacional de Estatística
Valores para compra de habitação	1/10000	ETRS 1989 Portugal TM06	2016	SIR, Confidencial Imobiliário
Plantas de Ordenamento	1/10000	ETRS 1989 Portugal TM06	2007	Instituto Geográfico Português
* Locais para deposição	1/10000	ETRS 1989 Portugal TM06	2014	Amb3e e ERP
Rede Viária	1/10000	Datum 73, Hayford Gauss, IPCC	2007	C.M.Lisboa

(* Informação Georreferenciada e Cartografada pelo próprio.)

O processo de aquisição/criação dessa informação para formato SIG, de modo a depois ser modelada, implicou aceder a duas listas distribuídas pelas Amb3e e ERP à Agência Portuguesa de Ambiente a partir da qual se efetuou um trabalho de geocodificação, de 673 pontos para deposição através das coordenadas geográficas, e de armazenamento de informação gráfica e tabular (e.g. informação como o nome da entidade de recolha, denominação do tipo de local de recolha, nome da rua e quantidades recolhidas), numa base de dados geográfica referente a todo o país. Após a seleção e preparação da base de dados com todos os locais de recolha no concelho de Lisboa obteve-se a geocodificação com 50% de resultados localizados com sucesso foi necessário efetuar as correções da restante 50% através de confrontação com o Google Maps tornando todo o processo moroso, pois exigiu a verificação da localização de cada ponto de deposição através da morada, originando por fim uma nuvem de pontos das devidas localizações de todos os locais.

3.1 Metodologia de análise

As variáveis dependentes consideradas na metodologia foram a qualificação do espaço urbano, a densidade populacional, os residentes com um curso superior, os residentes com idade entre 15 e 64 anos, os residentes empregados, os valores médios dos imóveis por freguesia e a variável independente selecionada foi a quantidade de REEE recolhido em 2014. As cinco primeiras variáveis referidas foram analisadas neste estudo à escala da subsecção estatística, as respetivas duas últimas variáveis analisaram-se por freguesia.

Este tipo de resíduos apresenta regras ambientais específicas para a sua recolha de acordo com a legislação em vigor, sendo necessário identificar o conjunto das áreas restritas (ambiental) e inadequadas (uso incompatível) no concelho de Lisboa. O objetivo foi conseguido através da potencialidade das ferramentas SIG permitindo analisar e identificar os locais para deposição que se sobrepõem nas áreas mencionadas.

A localização geográfica dos pontos de recolha e as características da população envolvente são duas condições essenciais para o sucesso da deposição de REEE. É necessário avaliar vários fatores antes de decidir qual o melhor local, cumprindo as regras ambientais, e assegurar áreas de aptidão ótimas para recolher o máximo de REEE abrangendo o maior número da população alvo, neste sentido sobrepuseram-se todas as variáveis descritas anteriormente.

Os procedimentos utilizados neste trabalho basearam-se principalmente na consulta bibliográfica de Shmelev e Powell (2005), Vining, Joanne, and Angela (1990) e Saaty (2008). A análise multicritério é utilizada como instrumento de apoio à tomada de decisão, com destaque para a integração em ambiente SIG, usando o método Processo Analítico Hierárquico - Analytic Hierarchy Process (AHP). Trata-se de uma metodologia adaptada da consulta bibliográfica de vários autores e com resultados consistentes, por exemplo, Queiruga (2012) estudou a melhor localização para as instalações de reciclagem de REEE em Espanha. Este estudo foi realizado para a fundação ECOLEC, um dos sistemas do país que recolhe produtos de todas as categorias de REEE. Os autores definiram o estudo como um problema multicritério, tendo escolhido três critérios principais: económico, infraestrutural e jurídico. O objetivo do estudo foi propor alternativas para locais potenciais. Mais tarde, os autores alargaram o modelo de localização do armazém para determinar a melhor localização das instalações de tratamento e recolha para grandes eletrodomésticos.

Na Grécia, a localização das instalações de tratamento para a reciclagem de REEE foi abordada por Achillas (2010). Os autores aplicaram uma “metodologia multicritérios, ELECTRE III, considerando três perspetivas, divididas em nove critérios: aspetos sociais (população local, população desempregada), aspetos económicos (valor da terra e situação financeira da população local) e aspetos de acessibilidade (acessibilidade da localização e distância do porto mais próximo, da capital da região e de outras

instalações já existentes). Posteriormente, propuseram um modelo MILP para o projeto de uma rede de logística invertida e demonstraram a sua aplicabilidade, num estudo de caso real de REEE na Macedónia Central. O modelo considera uma rede de dois níveis, onde as decisões de localização estão relacionadas com dois intermediários diferentes de instalações de armazenamento. Os meios de transporte com capacidade pré-definida são também considerados no modelo” (Achillas, 2010).

Este trabalho foi estruturado em três etapas: numa primeira fase, através do método booleano, delimitaram-se as áreas restritas à implementação de locais para deposição REEE (Plantas de Ordenamento do PDML); numa segunda fase, as áreas aptas foram sujeitas a avaliação através de parâmetros que intervêm na sua classificação em níveis de aptidão para o depósito REEE e, por último, o resultado permitiu elaborar um mapa identificando os novos locais em áreas com aptidão para deposição que garanta a sua otimização e consequente melhoria da taxa de recolha junto da população.

3.2 A área de estudo

Qualquer análise sobre uma realidade espacial, seja uma área metropolitana, uma região, uma cidade ou conjunto delas, deve ter em conta uma multiplicidade de fatores que interagem no espaço (Méndez, 1997).

A cidade de Lisboa possui uma área de aproximadamente 85 km² e tinha 547733 habitantes de acordo com os censos de 2011. Os seus limites administrativos de oeste para nordeste são os concelhos de Oeiras, Amadora, Odivelas e Loures (Figura 9). De este a sul é banhada pelo rio Tejo. Está dividida por 24 freguesias desde 8 de novembro de 2012. A freguesia com maior área é a dos Olivais, seguindo-se as freguesias de Benfica e Lumiar; as freguesias de menor dimensão são as da Misericórdia, São Vicente e Santa Maria Maior.

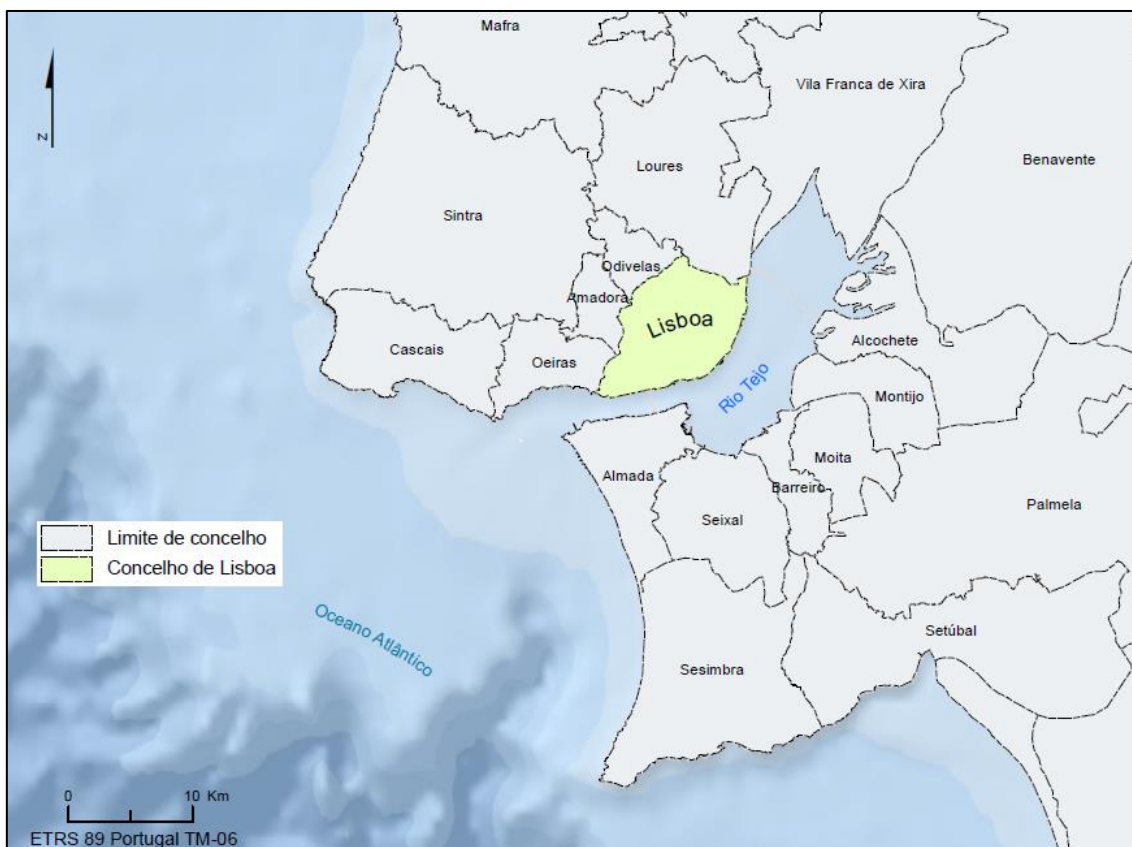


Figura 9 - Enquadramento geográfico do concelho de Lisboa

Relativamente ao sector dos resíduos, em particular à quantidade total de resíduos que cada residente de Lisboa produziu por ano, em média, o último registo (2014) aponta para 529 kg. A captação de resíduos é bastante elevada quando comparada com a média nacional e europeia. Tendo como referência o ano de 2011, a produção per capita no município era de 552 kg/hab.ano, enquanto em Portugal, o mesmo indicador situava-se nos 486 kg/hab.ano e na União Europeia (UE 27) era de 500 kg/hab.ano (PERSU 2020). Quanto à evolução das quantidades de resíduos recolhidos pela CML, verifica-se uma tendência de redução desde 1996 até 2012, com exceção do ano de 1999 (gráfico 9).

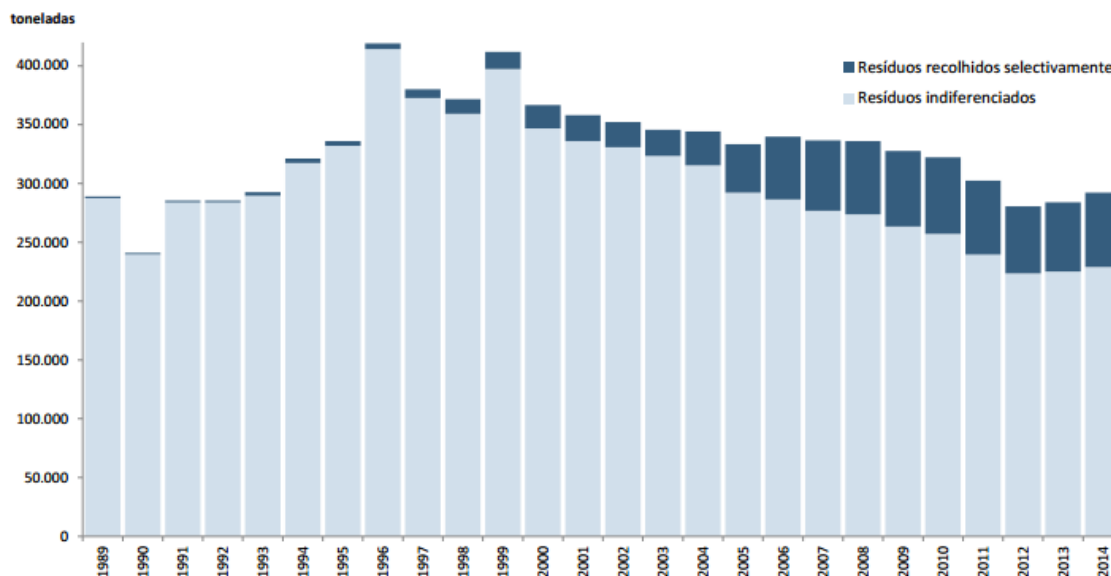


Gráfico 9 - Evolução da quantidade total de resíduos recolhidos em Lisboa, de 1989 a 2014.
Fonte: Plano Municipal de Gestão de Resíduos do Município de Lisboa (2015-2020).

De 1999 a 2012, a diminuição do peso total de resíduos poderá dever-se a:

- Cessação de atividade de empresas e locais de trabalho ou deslocalização para fora do concelho;
- Contínua diminuição do número de residentes na cidade – segundo os censos, o número de habitantes caiu de 564.657 em 2001 para 547.733;
- Recente crise e desfavorável conjuntura socioeconómica que afeta os níveis e padrões de consumo da população, com maior impacte a partir de 2009.

Mais recentemente, a partir de 2012, a tendência de redução parece estar a inverter-se, registando-se um ligeiro aumento. Esta situação poderá dever-se à inclusão da área do Parque das Nações – que passou a estar sob gestão direta do município desde dezembro de 2012 – e a uma eventual retoma da economia na cidade devido ao aumento do número dos turistas.

3.3 Importância das variáveis para o estudo

A geração de resíduos está nos nossos dias, claramente associada aos crescimentos demográfico e do poder de compra, não apenas em termos quantitativos, mas também qualitativos (Dennison, 1996), e em especial nos grandes centros urbanos. O concelho de Lisboa é disso exemplo como identificado no ponto anterior. A importância da

variável **densidade populacional** também é evidenciada na maioria dos estudos de otimização para locais de recolha, como sendo fundamental para o sucesso dos SGRU, e por isso não deixou dúvidas quanto à sua inclusão no presente trabalho.

A análise efetuada à variável demográfica idade em estudos sobre a reciclagem de REEE, não permite destacar uma faixa etária em particular para reciclar este tipo de resíduos. Por exemplo, os grupos etários mais jovens têm sido referidos, em muitas investigações, como os mais conscientes e preocupados em relação a questões ambientais, ou seja, os mais ambientalistas (Buttel e Flinn, 1976; Van Liere e Dunlap, 1980; Mohai e Twight, 1987; Schahn e Holzer, 1990; entre outros). Os estudos realizados em Portugal também mostram que os ativistas ambientalistas (caracterizados por terem feito ou estarem dispostos a fazer ações que visem a proteção do ambiente, nomeadamente a reciclagem) estão incluídos nas faixas etárias mais jovens (15 aos 23 anos), os não ativistas, mas "simpatizantes" pertençam maioritariamente aos grupos etários mais altos (acima dos 50 anos) e os "não ambientalistas" tenham mais de 50 anos (Garcia, 1998).

Contrariamente, dois outros trabalhos, um realizado por Vining e Ebreo (1990) e outro por Lansana (1992), referem ambos uma relação positiva, mas para residentes mais idosos, indicando que reciclam mais. Os mesmos resultados foram obtidos por McQuaid e Murdock (1996) num estudo que realizaram a uma amostra de residentes de Leeds (Inglaterra). Também Schahn e Holzer (1990), num estudo que realizaram em Heidelberg (Alemanha), verificaram que os mais idosos apresentaram maiores valores para as atividades ambientais realizadas perto de casa, as quais incluíam a conservação de energia, a reciclagem, o consumo "amigo do ambiente", entre outras. A conclusões semelhantes chegou Lake (1996) num estudo que realizou em Hethersett (Inglaterra), constatando que as famílias em que a idade média do chefe de família se situava pela meia idade (entre os 45 e os 64 anos), eram as mais recicladoras. Os autores sugerem que serão estas famílias que têm elementos do agregado familiar mais disponíveis, com mais tempo para se dedicar a atividade de reciclagem.

Sintetizando em termos de reciclagem, um maior número de estudos revistos indicam uma tendência para os mais idosos participarem mais na deposição REEE, seguidos pelos indivíduos de meia idade e os jovens. Por esta razão, todas as **faixas etárias a partir dos 15 aos 65 anos** foram incluídas na presente investigação, sobretudo considerando inquéritos realizados aos jovens portugueses acerca da utilização e

preocupação com as tecnologias móveis, em particular com foco nos telemóveis salienta-se o projeto “Factos sobre a Utilização e (Des)preocupação dos Jovens Portugueses com os Telemóveis” dos autores (Oliveira, 2014), que identificam mais de 60% dos inquiridos têm o seu primeiro telemóvel com 10 anos de idade e confirmam que já é praticamente regra entre todos com 13/14 anos a presença de telemóvel (gráfico 10).

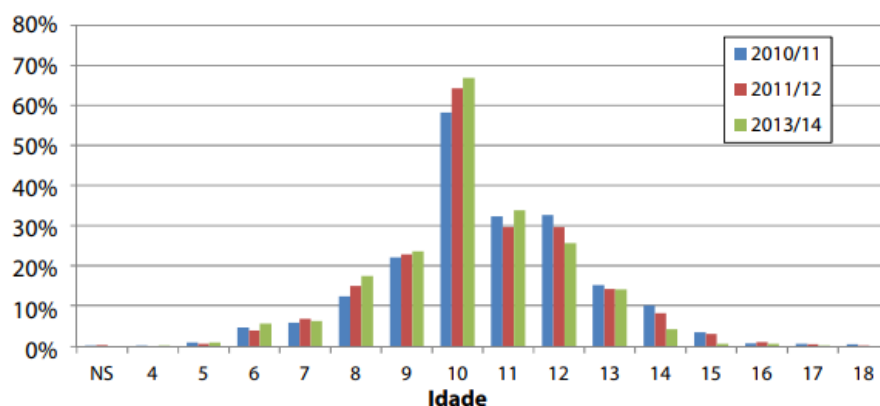


Gráfico 10 - Idade a que os alunos têm o primeiro telemóvel.
Fonte: Oliveira, C., Sebastião, D., Branco, M., Correia, L.M. (2010-2014).

Este estudo efetuou um inquérito a 6478 alunos, por 95 escolas, de todos os distritos portugueses (exceto Castelo Branco e Évora) entre 2010 e 2014. Sabendo que os telemóveis em fim de vida são os REEE com maiores quantidades descartadas indevidamente no lixo indiferenciado. Faz sentido incluir a faixa etária a partir dos 15 anos no presente estudo devido às quantidades de EEE que os jovens com esta idade já apresentam.

Quanto à influência dos níveis de escolaridade no comportamento para reciclar Gonçalves (1997), defende efeitos positivos sobretudo em populações com grau de ensino superior. Apesar de alguns estudos internacionais confirmarem e inclusive apontarem a correlações fortes entre estas duas variáveis (Schahn e Holzer, 1990, Vining e Ebreo, 1990, Lansana, 1992), não existe unanimidade entre todos os autores desta área. As disparidades nos resultados podem dever-se ao intervalo de cada um dos níveis educacionais considerados. Com base nesta informação considerou-se apenas a variável **residentes com curso superior** a incluir na presente investigação.

As variáveis ambientais escolhidas para o estudo são importantes porque, por um lado, o **Plano Diretor Municipal** possibilita identificar áreas restritas para deposição REEE no concelho de Lisboa. E por outro, relativamente à **Quantidade de REEE recolhido** contribui para identificar e localizar as populações que depositam maiores e menores quantidades na área de estudo.

A variável socioeconómica **residentes empregados** foi escolhida para esta investigação porque os indivíduos com uma fonte de rendimento estão em manifesta vantagem para adquirir EEE e consequentemente reciclar REEE, do que os desempregados. De forma consistente os autores Jacobs (1984) e Vining e Ebreo (1990), correlacionam positivamente o emprego com o comportamento de reciclagem. Além disso estes autores identificaram que as pessoas que ganham mais dinheiro têm maior probabilidade para reciclar porque em termos psicológicos estão mais motivadas do que as pessoas sem qualquer ocupação e rendimento.

A variável **Valor imobiliário por freguesia** é importante para o presente trabalho porque nos mostra na área de estudo onde se localizam as populações com maior/menor capacidade económica para ter ou não ter EEE. No inquérito nacional realizado aos portugueses por Garcia (1998), identificaram-se maiores quantidades de resíduos recolhidas junto de populações que habitavam os melhores locais das cidades. Uma possível explicação para estas evidências é que as classes médias e média-alta já resolveram os seus problemas de necessidades básicas e estarão mais disponíveis para outros assuntos da existência humana. A hierarquia das necessidades assume que a preocupação com a qualidade do ambiente é como que um luxo, só sendo considerada depois das necessidades básicas materiais (comida, habitação, segurança económica) terem sido satisfeitas (Dunlap, 1975). De acordo com as conclusões de Dunlap, a preocupação ambiental só será uma motivação significativa para os comportamentos ambientais quando as necessidades económicas e de sobrevivência básicas são satisfeitas.

Por outro lado, um estudo conduzido por Margai (1997) em Harlem (Nova Iorque), sobre a participação dos residentes no programa de reciclagem (programa com separação de 10 categorias de resíduos), verificou-se que os residentes em habitação social reciclavam um número menor de itens (média de 2.73 materiais) que os residentes em

habitação privada (média de 5.23 materiais). A menor taxa de participação dos residentes em habitação social persistiu após a intensa campanha de educação e sensibilização.

3.4 Variáveis demográficas

a. Densidade populacional

Saber onde se concentram mais ou menos residentes no município é um fator apontado como sendo determinante na viabilidade da implementação de qualquer sistema de recolha de resíduos, em especial para localização de pontos de recolha, não só porque existem diferenças consideráveis deste indicador entre as freguesias de Lisboa, mas sobretudo muito significativas entre subsecções estatísticas (Figura 10).

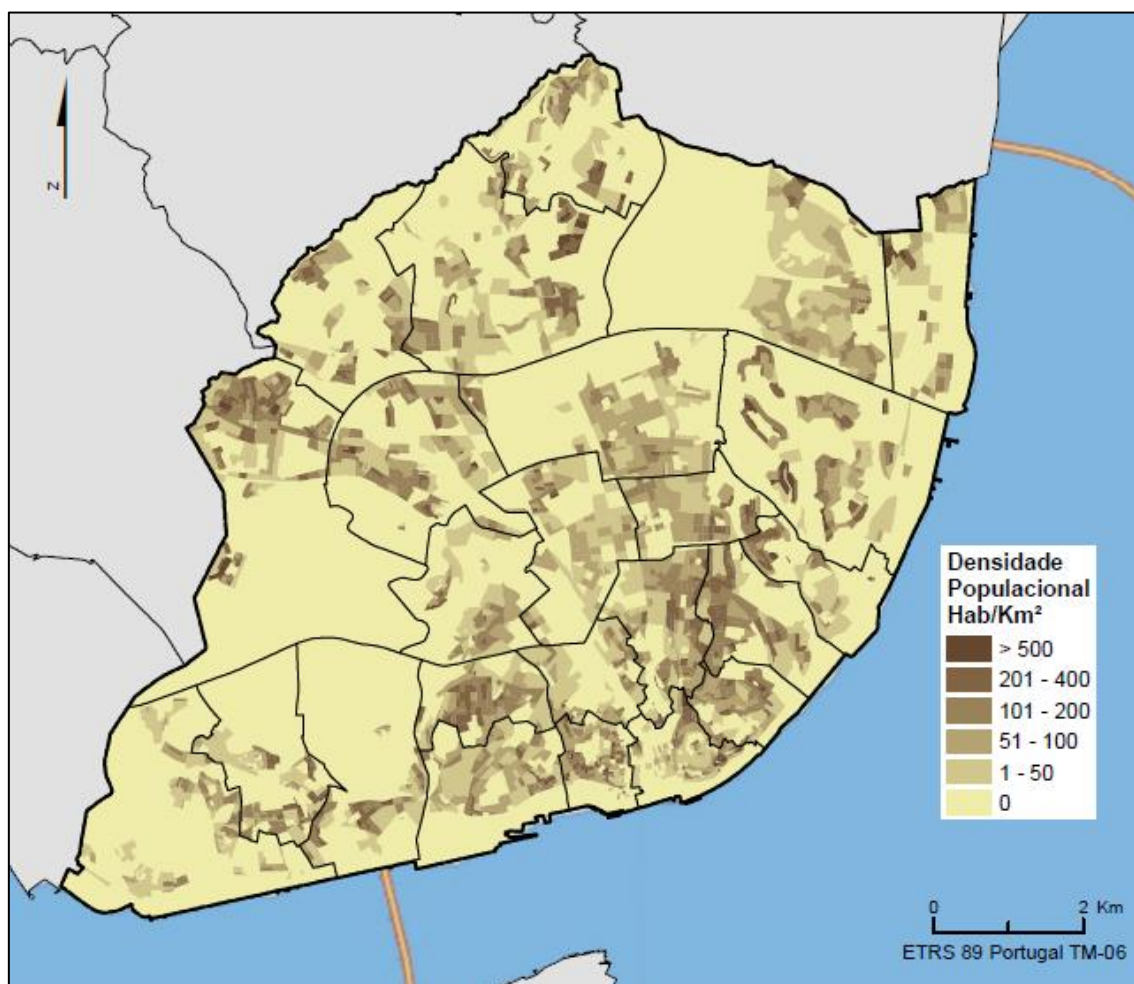


Figura 10 - Densidade populacional por subsecção estatística de Lisboa.
Fonte: INE, Censos populacionais 2011.

As seis freguesias com maiores densidades populacionais são as de Arroios, Campo de Ourique, Penha de França, Areeiro, Misericórdia e São Vicente (Quadro 10), com valores acima dos 11635,1 Hab/Km², a soma do conjunto das suas áreas ocupa cerca de 12% do território. Segue-se um segundo grupo, as freguesias de Santa Maria Maior, Santo António, São Domingos de Benfica, Beato, Avenidas Novas e Estrela com densidades populacionais entre 7109,2 e 8759,7 Hab/Km² que correspondem a 17,4% da cidade. O terceiro grupo é composto por as freguesias do Parque das Nações, Santa Clara, Carnide, Lumiar, Marvila, Alvalade, Campolide e Ajuda, com valores entre 5417,5 a 6682,2 Hab/Km² correspondentes a cerca 39,8% da área de estudo. As freguesias com densidades populacionais mais baixas são as de Benfica, Olivais, Alcântara e Belém com valores entre 2895,7 a 4588,3 Hab/Km² compreendem uma área de 30,8% do território. No que respeita às freguesias com mais indivíduos residentes, o Lumiar ocupa a primeira posição com 41163 habitantes, seguido de Marvila e Benfica (Quadro 10). As freguesias com menor número de habitantes são Santo António, Beato e Santa Maria Maior.

Quadro 10 - Classificação da densidade populacional por freguesia na cidade de Lisboa

Freguesias	Dens. Pop. (Hab/Km²)	N. Residentes	Área (Km²)	Área (%)
Arroios	15161,8	32262	2,13	2,5
Campo de Ourique	13402,1	22132	1,65	1,9
Penha de França	12685,4	27967	2,20	2,6
Areeiro	11711,3	20131	1,72	2,0
Misericórdia	11705,0	13041	1,11	1,3
São Vicente	11635,1	14575	1,25	1,5
Santa Maria Maior	8759,7	12961	1,48	1,7
Santo António	7933,3	11855	1,49	1,8
São Domingos de Benfica	7858,0	33745	4,29	5,1
Beato	7285,8	12429	1,71	2,0
Avenidas Novas	7221,6	21625	2,99	3,5
Estrela	7109,2	20116	2,83	3,3
Parque das Nações	6682,2	19577	2,93	3,4
Santa Clara	6496,3	21798	3,36	4,0
Carnide	6320,2	23316	3,69	4,3
Lumiar	6260,6	41163	6,57	7,7
Marvila	6076,0	38102	6,27	7,4
Alvalade	5824,0	31110	5,34	6,3
Campolide	5572,5	15460	2,77	3,3
Ajuda	5417,5	15584	2,88	3,4
Benfica	4588,3	36821	8,02	9,4
Olivais	3889,6	31459	8,09	9,5
Alcântara	3147,2	13943	4,43	5,2
Belém	2895,7	16561	5,72	6,7
Média / Totais	7734,9	547733	84,94	100

b. Idade

Na maioria dos estudos revistos, a reciclagem REEE não está associada a qualquer escalão etário em particular (Milbrath, 1984), apesar da perceção social apontar para os indivíduos mais idosos possuírem maior consciencialização sobre os perigos que representam este tipo de resíduos para a população e ambiente. No entanto, os resultados não se podem generalizar a todas as situações já que o efeito de outras variáveis, nomeadamente as de natureza situacional (estratégias de mudança de comportamentos, tipo de programas implementados, etc.), poderá ter efeitos diferenciados consoante as faixas etárias consideradas. Desta forma, selecionou-se a população dos 15 aos 65 anos, para acautelar a dispersão de resultados que cada autor defende para este estudo.

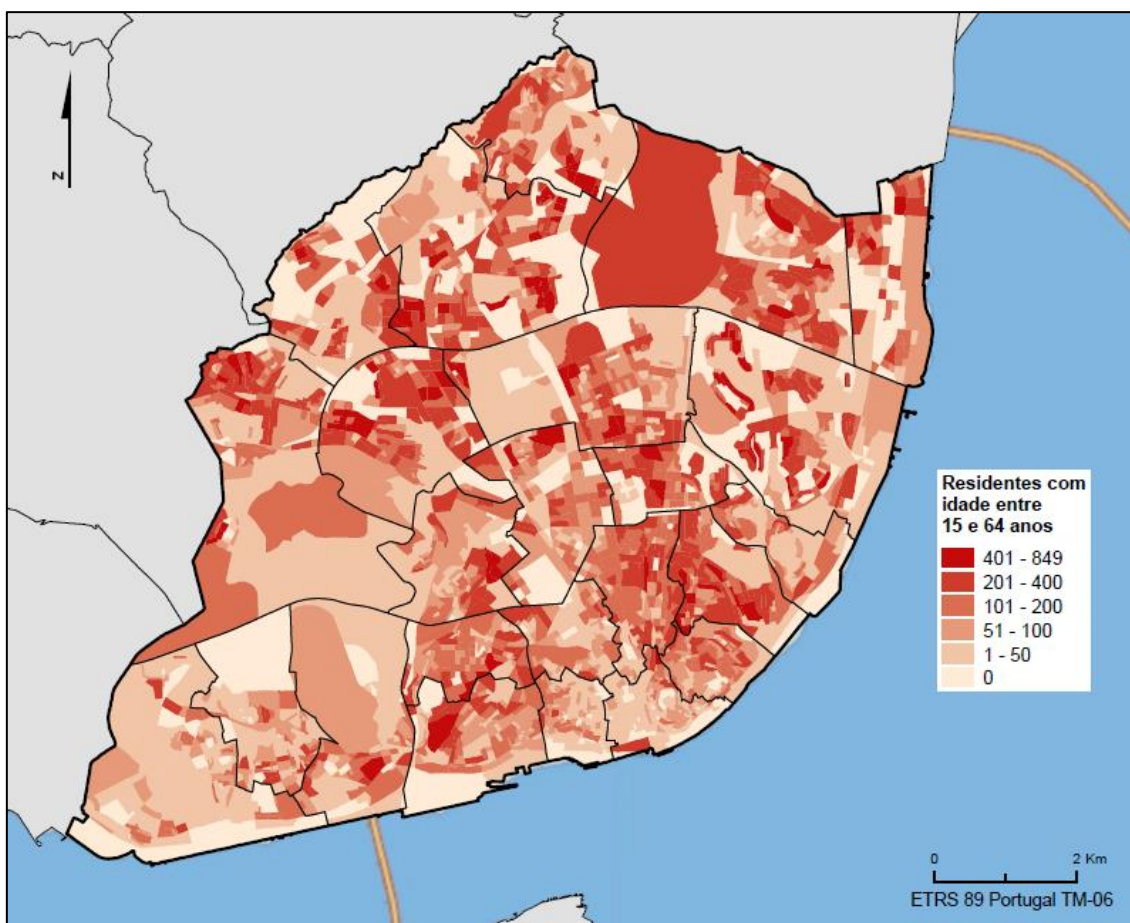


Figura 11 - Indivíduos residentes com idade entre 15 e 64 anos por subsecção estatística de Lisboa.

Fonte: INE, Censos populacionais 2011.

As freguesias de Lisboa que possuem mais residentes com idade entre os 15 e 64 anos são as do Lumiar (30127), Marvila, São Domingos de Benfica, Benfica, Olivais e Arroios, cujo o número de indivíduos ascende a 20253, em todas elas (Figura 11 e Quadro 11). Entre os 15072 e 17645 indivíduos nesta idade surgem as freguesias de Alvalade, Penha de França e Carnide como segundo grupo. Em terceiro lugar apresentam-se sete freguesias onde residem entre 10573 e 14450 indivíduos com a idade alvo. O grupo de freguesias com menos residentes entre os 15 e 64 anos são as de São Vicente, Ajuda, Parque das Nações, Misericórdia, Santa Maria Maior, Beato, Santo António, Alcântara, com um número de indivíduos entre 6060 e 9911.

Quadro 11 - Classificação dos indivíduos residentes com idade entre os 15 e 64 anos por freguesia na cidade de Lisboa

Freguesias	Residentes com idade entre 15 e 64 anos	Número de Residentes	Residentes com idade entre 15 e 64 anos (%)
Lumiar	30127	41163	73.2
Marvila	25394	38102	66.6
São Domingos de Benfica	22006	33745	65.2
Benfica	21661	36821	58.8
Olivaís	21444	31459	68.2
Arroios	20253	32262	62.8
Alvalade	17645	31110	56.7
Penha de França	15644	27967	55.9
Carnide	15072	23316	64.6
Estrela	14450	20116	71.8
Santa Clara	14229	21798	65.3
Avenidas Novas	12483	21625	57.7
Campo de Ourique	12478	22132	56.4
Areeiro	11598	20131	57.6
Campolide	10957	15460	70.9
Belém	10573	16561	63.8
São Vicente	9911	14575	68.0
Ajuda	9756	15584	62.6
Parque das Nações	9377	19577	47.9
Misericórdia	9304	13041	71.3
Santa Maria Maior	9254	12961	71.4
Beato	8540	12429	68.7
Santo António	8063	11855	68.0
Alcântara	6060	13943	43.5
Totais / Média	346279	547733	63.2

c) Residentes com um curso superior

Esta variável revela as condições de formação e informação dos indivíduos, desenvolvendo capacidades e modificando atitudes em relação ao meio, tornando todas as comunidades educativas, em particular as de grau académico superior, mais conscientes da sua realidade e responsabilidade ambiental. Os estudos de Gonçalves, (1997) em Portugal e investigações de autores estrangeiros (Vining e Ebreo, 1990; Lansana, 1992) sobre o nível de habilitações literárias consubstancia, conforme expectável, maior informação e consequente ação em favor do ambiente.

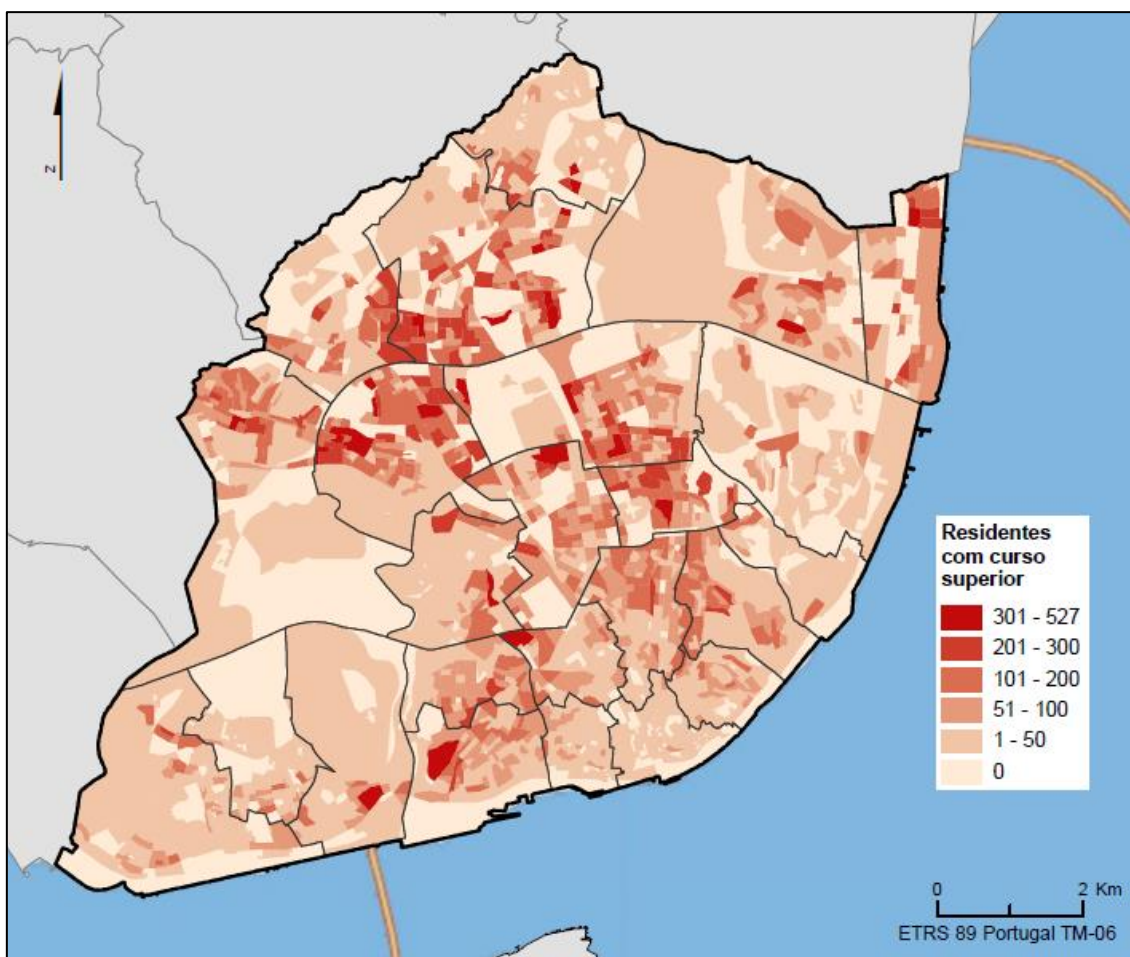


Figura 12 - Indivíduos residentes com um curso superior completo por subsecção estatística de Lisboa.

Fonte: INE, Censos populacionais 2011.

As três freguesias de Lisboa que possuem mais residentes com curso superior são as do Lumiar (18260), São Domingos de Benfica e Alvalade (Figura 12 e Quadro 12), totalizando 42591 indivíduos, ou seja, aproximadamente 28,6% deste tipo de residentes em todo o município. Segue-se um grupo de dez freguesias com valores entre 5271 e 9149 destes residentes, onde se destacam Benfica, Arroios e Avenidas Novas. Em terceiro lugar surge um grupo de cinco freguesias onde residem entre 3030 e 4679 indivíduos com um curso superior. O grupo de freguesias com menos residentes deste tipo é constituído por São Vicente, Marvila, Alcântara, Santa Maria Maior, Beato e Ajuda com valores que oscilam entre 2233 e 2990 indivíduos.

Quadro 12 - Classificação dos indivíduos residentes com um curso superior completo por freguesia na cidade de Lisboa

Freguesias	Res. Ens. Superior	N. de Residentes	Res. Ens. Superior (%)
Lumiar	18260	41163	44,4
São Domingos de Benfica	13463	33745	39,9
Alvalade	10868	31110	34,9
Benfica	9149	36821	24,8
Arroios	8720	32262	27,0
Avenidas Novas	8014	21625	37,1
Estrela	7299	20116	36,3
Carnide	6784	23316	29,1
Areeiro	6703	20131	33,3
Belém	6532	16561	39,4
Olivais	6504	31459	20,7
Campo de Ourique	5716	22132	25,8
Parque das Nações	5271	19577	26,9
Penha de França	4679	27967	16,7
Santo António	4294	11855	36,2
Campolide	4057	15460	26,2
Misericórdia	3604	13041	27,6
Santa Clara	3030	21798	13,9
São Vicente	2990	14575	20,5
Marvila	2914	38102	7,6
Alcântara	2495	13943	17,9
Santa Maria Maior	2438	12961	18,8
Beato	2396	12429	19,3
Ajuda	2233	15584	14,3
Totais / Média	148413	547733	26,6

3.5 Variáveis ambientais

d) Plano Diretor Municipal

A Planta de qualificação do espaço urbano e a Planta da estrutura ecológica municipal, assim como, as Plantas de condicionantes, ou seja, as servidões administrativas e restrições de utilidade pública I e II, todas pertencentes aos elementos que constituem o PDM de Lisboa são fundamentais para qualquer estudo ambiental, e em especial para o planeamento de uma rede eficiente e operacional para recolha de resíduos. A sua análise constitui uma variável fundamental para o estudo do potencial de recolha de quaisquer resíduos e para o reconhecimento das áreas restritas e aptas para deposição de REEE pela população.

A informação geográfica utilizada tem por base a Carta da Qualificação do Espaço Urbano produzida pelo IGP, 2007 (Figura 13).

Considerando as áreas aptas em função do PDM de Lisboa, destacam-se como maiores áreas para localizar PR as freguesias de Lumiar, Alvalade e Marvila, sendo que, em conjunto as freguesias mais pequenas do centro de Lisboa apresentam a segunda maior área para potenciais pontos de deposição REEE (Figura 13).

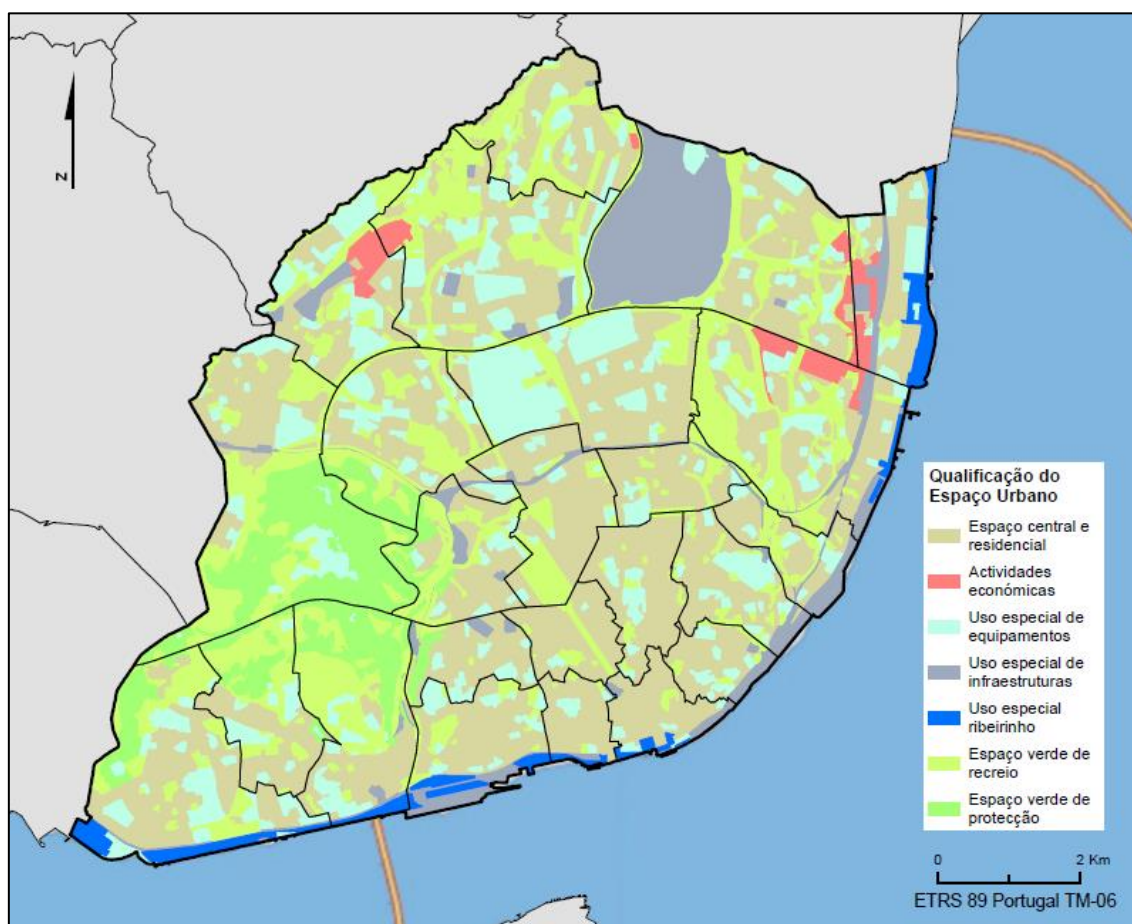


Figura 13 - Resumo da Planta de qualificação do espaço urbano da cidade de Lisboa.

Fonte: PDM (Carta produzida pelo IGP, 2007).

Verifica-se que a totalidade da área do município é classificada como solo urbano, os espaços centrais e residenciais ocupam a maior área, com cerca de 46,5% (Quadro 13), integrando duas categorias, os espaços consolidados e a consolidar, delimitados na Planta de qualificação do espaço urbano, tendo em consideração o grau de urbanização do solo e o grau de consolidação morfotipológica.

O conjunto dos espaços verdes (28%) corresponde à segunda maior ocupação do território, que incluem quatro subcategorias; de recreio e produção, de protecção e

conservação, de enquadramento a infraestruturas e ribeirinhos. Os usos especiais de equipamentos (15,1%) ocupam a terceira maior área e correspondem a equipamentos de utilização coletiva, serviços públicos e instalações dos serviços de segurança. Seguem-se os usos especiais de infraestruturas (8,2%), que constituem áreas ocupadas por instalações e serviços relativos a infraestruturas de transporte e a uso ferroviário, portuário, aeroportuário e rodoviário e a redes de saneamento básico, abastecimento e fornecimento de gás, eletricidade, água e telecomunicações. Os espaços de atividades económicas (1,8%) compreendem malhas urbanas originariamente destinadas à fixação de indústrias ou de atividades terciárias com tipologias de ocupação diferenciadas da restante cidade consolidada. E, finalmente, os usos especiais ribeirinhos do concelho (0,4%), compreendem áreas edificadas originariamente afetas à exploração portuária, nas quais predominam atualmente usos conexos com a atividade portuária.

Quadro 13 - Qualificação do espaço urbano da cidade de Lisboa
Fonte: PDM (Carta produzida pelo IGP, 2007).

Uso do solo	Área (Km²)	Área (%)
Central e Residencial	39,5	46,5
Espaço Verde de Recreio e Produção	13,5	15,9
Uso Especial de Equipamentos	12,8	15,1
Uso Especial de Infraestruturas	7,0	8,2
Espaço Verde de Protecção e Conservação	5,6	6,6
Actividades Económicas	1,5	1,8
Espaço Verde de Enquadramento a Infraestruturas	4,0	4,6
Espaço Verde Ribeirinho	0,7	0,9
Uso Especial Ribeirinho	0,3	0,4
Total	84,9	100

e) Quantidade de REEE recolhido (ano 2014)

De todas as variáveis, a mais credível seguramente, para qualquer estudo de predição é saber quais as freguesias do concelho de Lisboa, que nos últimos anos registam maior quantidade de REEE depositado. Através desta informação é possível identificar as características socioeconómicas das populações que depositam mais ou menos REEE, e desta forma selecionar locais para depósito otimizados. A figura 14 apresenta os dados espaciais relativos a esta variável, contudo toda a informação pormenorizada foi descrita anteriormente no terceiro ponto do primeiro capítulo - Identificação da rede de recolha REEE no concelho de Lisboa.

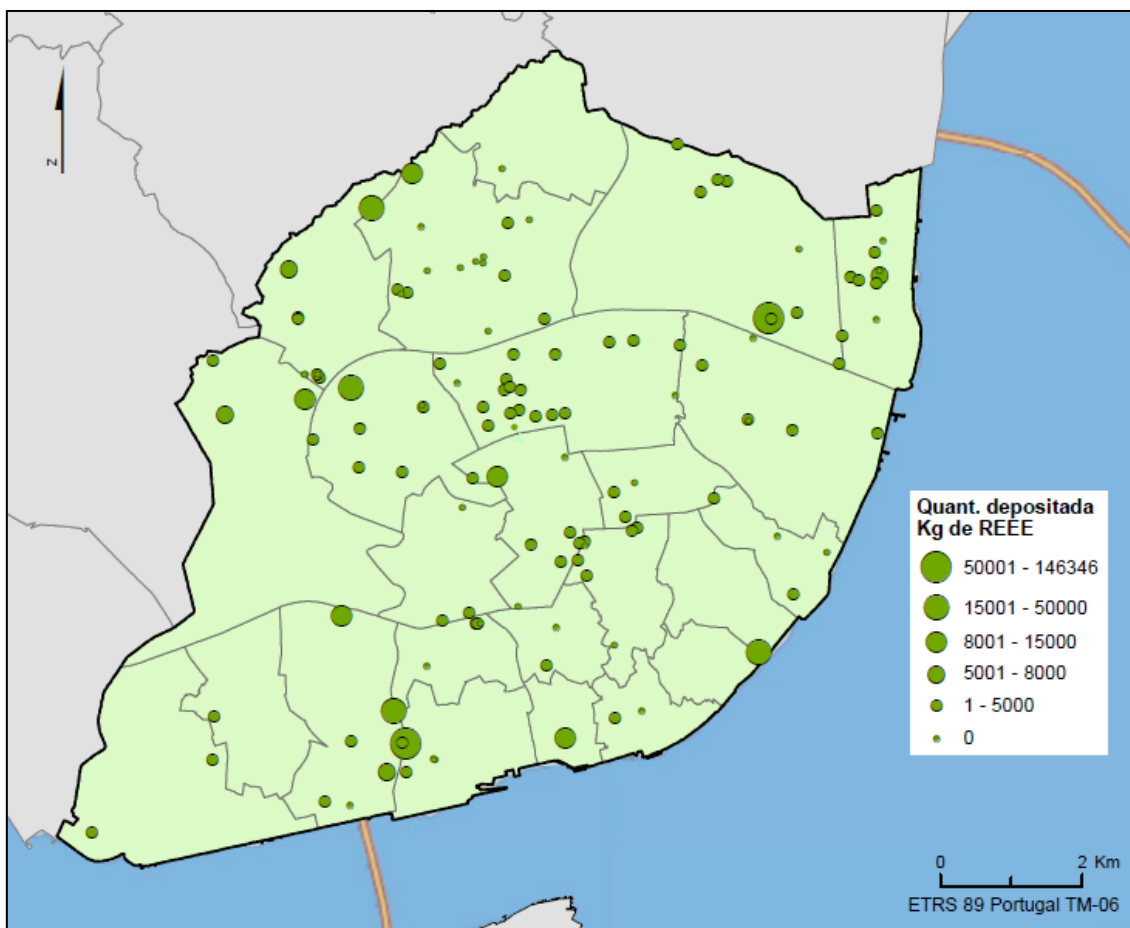


Figura 14 - Quantidade de REEE depositado em cada ponto de recolha do concelho de Lisboa, em 2014.

Fonte: Informação disponibilizada por a Amb3e e ERP

3.6 Variáveis socioeconómicas

f) Residentes empregados

A variável é importante para aferir na cidade de Lisboa quais as populações que possuem condições económicas necessárias para adquirir equipamentos elétricos ou eletrónicos. Se tivermos em linha de conta que os desempregados não possuem uma fonte de rendimento básica (como o estar empregado proporciona), admite-se que os locais onde existam mais residentes empregados (Figura 15), haverá mais hipóteses de estes comprarem mais aparelhos deste tipo para reciclar.

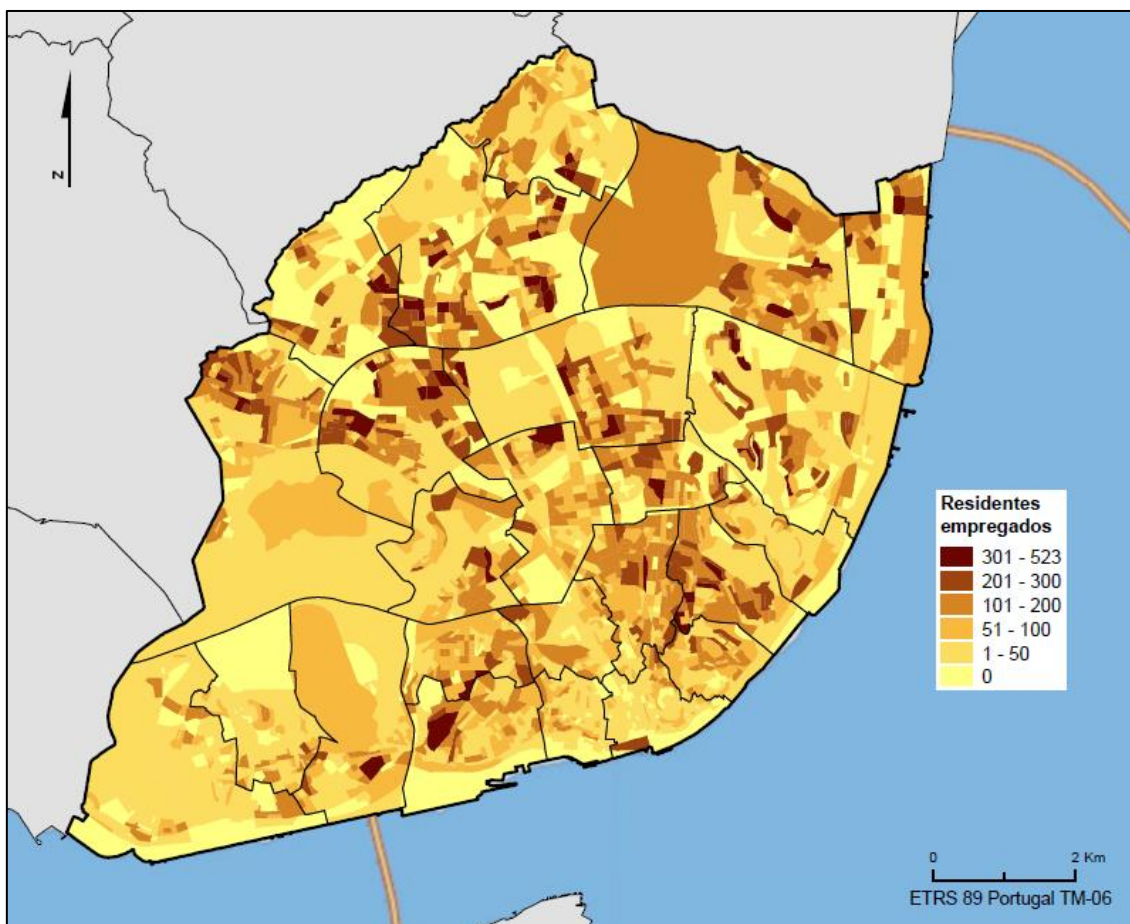


Figura 15 - Indivíduos residentes empregados por subsecção estatística de Lisboa.

Fonte: INE, Censos populacionais 2011.

Destacam-se de novo, curiosamente as duas freguesias onde residem mais indivíduos com curso superior, Lumiar e São Domingos de Benfica porque também foram as que apresentaram mais residentes empregados (Quadro 14). Além destas, e acima dos 10328 residentes empregados por freguesia fazem parte o grupo constituído por Marvila, Benfica, Arroios, Olivais, Alvalade e Penha de França. Entre 8394 e 9894 residentes empregados por freguesia está o segundo grupo Carnide, Estrela, Avenidas Novas, Campo de Ourique e Santa Clara. Seguidas por o terceiro conjunto constituído pelas freguesias do Areeiro, Belém, Campolide, Parque das Nações, São Vicente e Misericórdia com valores entre 6401 e 7988 indivíduos empregados. O último grupo composto por Ajuda, Santa Maria Maior, Santo António, Beato e Alcântara caracteriza-se por apresentar valores entre 4059 a 5990 indivíduos empregados por freguesia.

Quadro 14 - Classificação dos indivíduos residentes empregados por freguesia na cidade de Lisboa

Freguesias	Res. Empregados	N. de Residentes	Res. Empregados (%)
Lumiar	21218	41163	51,5
São Domingos de Benfica	15240	33745	45,2
Marvila	14650	38102	38,4
Benfica	14046	36821	38,1
Arroios	13927	32262	43,2
Olivaís	13700	31459	43,5
Alvalade	12179	31110	39,1
Penha de França	10328	27967	36,9
Carnide	9894	23316	42,4
Estrela	9864	20116	49,0
Avenidas Novas	8665	21625	40,1
Campo de Ourique	8445	22132	38,2
Santa Clara	8394	21798	38,5
Areeiro	7988	20131	39,7
Belém	7276	16561	43,9
Campolide	7006	15460	45,3
Parque das Nações	6761	19577	34,5
São Vicente	6603	14575	45,3
Misericórdia	6401	13041	49,1
Ajuda	5990	15584	38,4
Santa Maria Maior	5945	12961	45,9
Santo António	5698	11855	48,1
Beato	5289	12429	42,6
Alcântara	4059	13943	29,1
Totais / Média	229566	547733	41,9

g) Valor imobiliário por freguesia

A variável rendimento mensal é considerada uma das mais importantes entre estudos ambientais de resíduos que abordam os contextos situacionais dos indivíduos, porque exerce uma influência significativa no seu comportamento para reciclar (Garcia, 1998). Embora os investigadores não sejam unânimes, a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos nesta área, concorda que quem tem maior poder de compra, possui condições mais favoráveis, por um lado, para adquirir mais equipamentos elétricos e eletrónicos, mas também uma maior probabilidade de os reciclar (Dunlap, 1975). Não sendo possível aceder à informação relativa ao fator poder de compra por freguesia dos residentes na cidade de Lisboa, optou-se por seleccionar um *proxy* a análise ao preço das habitações em cada freguesia, indicador que dá a conhecer onde estão os residentes que

possuem habitações com preços mais elevados, e presumível maior poder de compra (Figura 16).

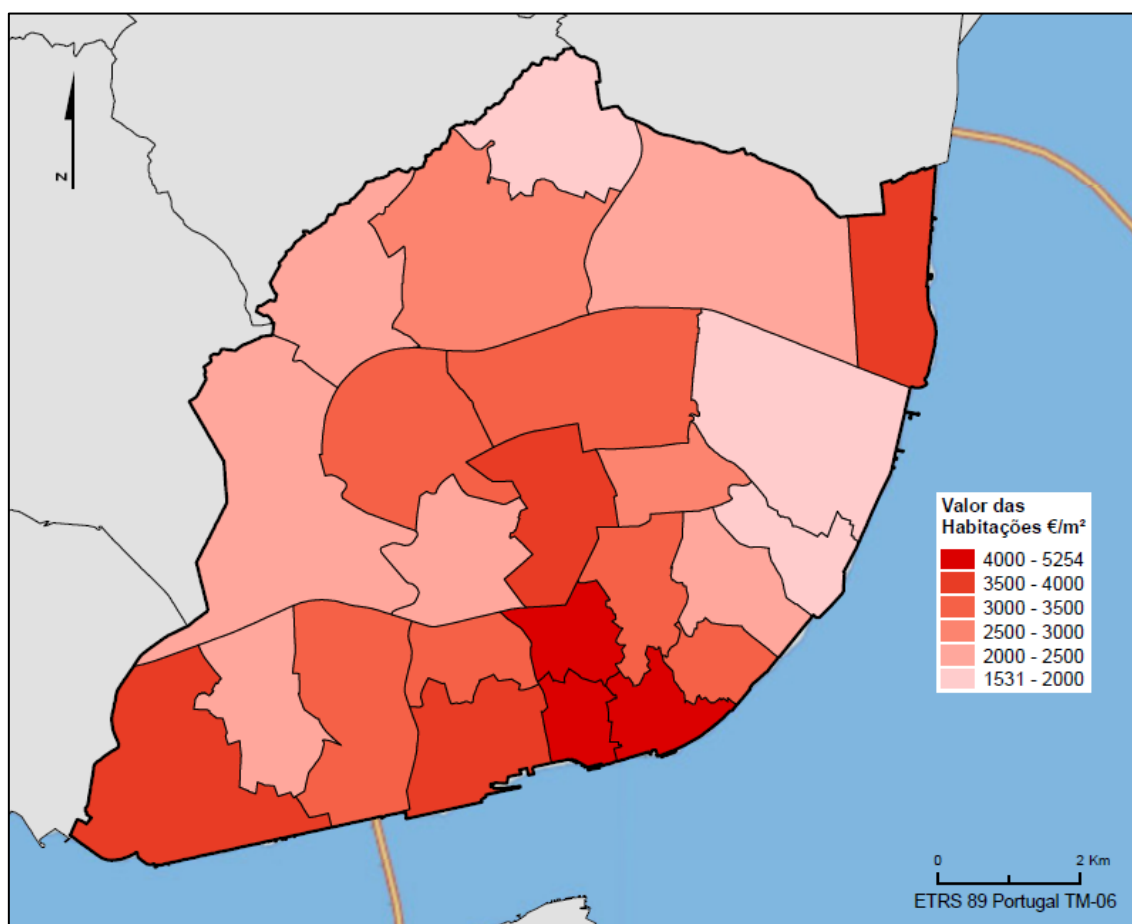


Figura 16 - Valores médios para compra de habitação por freguesia na cidade de Lisboa

Fonte: Confidencial Imobiliário (SIR), 2016.

Constitui-se desta forma, uma variável fundamental para o estudo do potencial de recolha REEE, ainda mais, devido aos elevados montantes a que determinados aparelhos elétricos e eletrónicos são atualmente adquiridos no mercado, em razão da sua sofisticação ou tecnologia e que dificilmente se tornam acessíveis a populações com rendimentos mais baixos. A informação utilizada está de acordo com o sistema de informação residencial (SIR) da empresa Confidencial Imobiliário, especialista neste sector.

Os dados mais recentes reportam ao terceiro trimestre de 2016, mostram que as freguesias com valor imobiliário mais elevado em Lisboa são as que se localizam no centro da cidade, em especial as de Santo António, Misericórdia, Santa Maria Maior e

Avenidas Novas, as únicas com valores acima dos 4000 €/m² (Quadro 15), contudo só ocupam 9,7% do território.

Quadro 15 - Classificação do valor imobiliário por freguesia na cidade de Lisboa
Fonte: Confidencial Imobiliário (SIR), 2016.

Freguesias	Valor dos imóveis (€/m²)	Área (Km²)	Área (%)
Santo António	5254	1,49	1,8
Misericórdia	4597	1,11	1,3
Santa Maria Maior	4481	1,48	1,7
Avenidas Novas	4011	2,99	3,5
Belém	3872	5,72	6,7
Estrela	3844	2,83	3,3
Parque das Nações	3771	2,93	3,4
São Domingos de Benfca	3191	4,29	5,1
Alcântara	3125	4,43	5,2
São Vicente	3116	1,25	1,5
Arroios	3089	2,13	2,5
Campo de Ourique	3067	1,65	1,9
Alvalade	3035	5,34	6,3
Lumiar	2797	6,57	7,7
Areeiro	2661	1,72	2,0
Benfica	2457	8,02	9,4
Olivais	2386	8,09	9,5
Campolide	2377	2,77	3,3
Carnide	2349	3,69	4,3
Ajuda	2219	2,88	3,4
Penha de França	2131	2,20	2,6
Beato	1915	1,71	2,0
Marvila	1584	6,27	7,4
Santa Clara	1531	3,36	4,0
Média / Totais	3036	84,94	100

As freguesias que apresentam preços entre os 3000 e os 4000 €/m² são as que ocupam a maior área do município (40,9%), correspondem a Belém, Estrela, Parque das Nações, São Domingos de Benfca, Alcântara, São Vicente, Arroios, Campo de Ourique e Alvalade. Seguem-se as freguesias de Lumiar, Areeiro, Benfica, Olivais, Campolide, Carnide, Ajuda e Penha de França com valores médios imobiliários entre os 2000 e 3000 €/m², que ocupam a segunda maior área da capital (36,5%). As freguesias com montantes de oferta abaixo dos 2000 €/m², são as do Beato, Marvila e Santa Clara que compreendem no seu conjunto uma área de 13% do território.

3.7 Aplicação de critérios de restrição – Método booleano

A Planta de qualificação do espaço urbano da cidade de Lisboa assinala quatro subcategorias de espaços verdes consolidados que integram a estrutura ecológica municipal. De acordo com o Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDML) são áreas restritas para local de deposição de REEE duas destas subcategorias.

Os espaços exteriores verdes de proteção e conservação da cidade (aos quais se inclui o Parque Florestal de Monsanto) porque visam a salvaguarda dos valores naturais, designadamente a conservação de ecossistemas, habitats, povoamentos ou formações vegetais e minerais de elevado valor ecológico e/ou didático.

E os espaços ribeirinhos porque apesar de não serem de utilização portuária exclusiva, inserem funções de equilíbrio ecológico que permitem a dinâmica das marés e de acolhimento de atividades ao ar livre de recreio, onde as atividades admitidas não devem contribuir para a degradação da qualidade da água do rio Tejo.

Além da interdição dos espaços mencionados para cumprimento das normas ambientais, incluem-se também áreas restritas, os espaços de uso especial de infraestruturas, devido aos usos e funções a que se destinam (por exemplo, Aeroportos, Portos, Estações ferroviárias, etc.) são incompatíveis para depósito de qualquer tipo de resíduo pela população.

Os dados geográficos utilizados nesta fase foram quatro Plantas de Ordenamento do PDM de Lisboa (produzidas pelo IGP, 2007). A Planta de qualificação do espaço urbano, a Planta da estrutura ecológica municipal e as duas Plantas de Condicionantes com as servidões administrativas e restrições de utilidade pública I e II (todas em estrutura vetorial), a partir das quais se criou o mapa de áreas restritas para locais de recolha nesta cidade (Quadro 16). Desta forma, procedeu-se à reclassificação com os valores de 0 (não apto) e 1 (apto).

Quadro 16 - Critérios de restrição

Critérios	Classificação
Uso Especial de Infraestruturas	0
Espaço Verde de Protecção e Conservação	0
Espaço Verde Ribeirinho	0
Uso Especial Ribeirinho	0
Restante território da área de estudo	1

Com os critérios de restrição foram obtidas as áreas aptas (Figura 17). Verifica-se que o concelho de Lisboa tem cerca de 83,9% de território para localizar pontos de deposição de REEE no qual cumpre as regras ambientais e de segurança (Quadro 17).

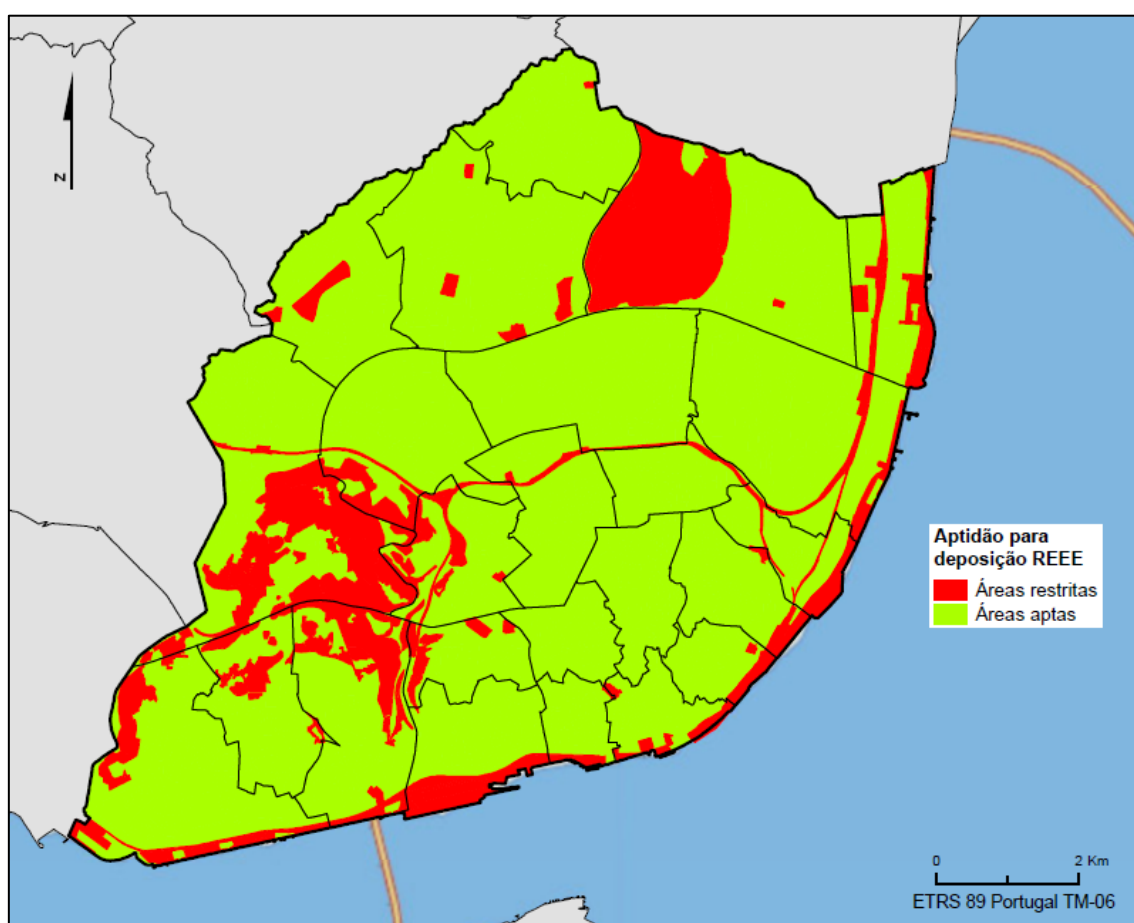


Figura 17 - Áreas restritas e áreas aptas (de acordo com os critérios no Quadro 16) para deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Dos 131 pontos de deposição localizados na área de estudo, verifica-se que sete estão em incumprimento, dois na freguesia de Carnide e um nas freguesias do Lumiar, Avenidas Novas, Penha de França, Olivais e Belém, perfazendo um total de 38760 Kg (cerca de 8% do total) de REEE recolhido em 2014.

Quadro 17 - Área apta (1) e área restrita (0).

Classes	Área (Km²)	Área (%)
Apta	71,2	83,9
Restrita	13,7	16,1
Total	84,9	100

3.8 Avaliação das áreas aptas

Para avaliar a aptidão de recolha REEE nas áreas aptas do concelho de Lisboa, foi aplicada uma escala de padronização (Quadro 18) com o intuito de transformar as classes em valores numéricos uniformes. As classes desfavoráveis à deposição de REEE foram avaliadas com valores mais baixos da escala de padronização.

Quadro 18 - Escala de padronização

Valor	Aptidão para recolha REEE
4	Alta
3	Média
2	Baixa
1	Muito baixa
0	Nula

De modo a classificar o nível de aptidão de recolha REEE na área em estudo foram utilizados os parâmetros de avaliação definidos no Quadro 19. Foram analisados 38 critérios, divididos em 7 categorias: demográficos, económicos, educacionais, etários, sociais, de qualificação do espaço urbano e quantidade REEE depositada. As classes de todos os critérios foram definidas com base no método Natural Breaks (Jenks), disponível no software ArcGis. No seguimento deste processo, os dados foram convertidos para estrutura raster, com resolução de 20 metros.

Quadro 19 - Classificação dos critérios utilizados na análise multicritério para avaliar o potencial de deposição REEE (4 - alta; 0 - nula).

Crítérios	Parâmetros	Valor de Aptidão
Demográficos	Densidade Populacional superior a 30000 Hab/Km ²	4
	Densidade Populacional entre 15000 e 30000 Hab/Km ²	3
	Densidade Populacional entre 5000 e 15000 Hab/Km ²	2
	Densidade Populacional entre 1 e 5000 Hab/Km ²	1
	Densidade Populacional de 0 Hab/Km ²	0
Económicos	Freguesias com valores imobiliários acima dos 4000 €/m ²	4
	Freguesias com valores imobiliários entre 3000 e 4000 €/m ²	3
	Freguesias com valores imobiliários entre 2000 e 3000 €/m ²	2
	Freguesias com valores imobiliários abaixo dos 2000 €/m ²	1
Educacionais	N.º residentes com curso superior entre 201 a 527 por subsecção	4
	N.º residentes com curso superior entre 101 a 200 por subsecção	3
	N.º residentes com curso superior entre 51 a 100 por subsecção	2
	N.º residentes com curso superior entre 1 a 50 por subsecção	1
	Subsecções sem residentes com curso superior	0
Étários	N.º residentes (dos 15 aos 64) entre 401 a 849 por subsecção	4
	N.º residentes (dos 15 aos 64) entre 101 a 400 por subsecção	3
	N.º residentes (dos 15 aos 64) entre 51 a 100 por subsecção	2
	N.º residentes (dos 15 aos 64) entre 1 a 50 por subsecção	1
	Subsecções sem residentes (dos 15 aos 64)	0
Sociais	N.º residentes empregados entre 201 a 523 por subsecção	4
	N.º residentes empregados entre 101 a 200 por subsecção	3
	N.º residentes empregados entre 51 a 100 por subsecção	2
	N.º residentes empregados entre 1 a 50 por subsecção	1
	Subsecções sem residentes empregados	0
Qualificação do espaço urbano	Espaço Central e residencial	4
	Actividades Económicas	3
	Uso Especial de Equipamentos	3
	Uso Especial de Infraestruturas	0
	Uso Especial Ribeirinho	0
	Espaço Verde de Enquadramento a Infraestruturas	2
	Espaço Verde de Protecção e Conservação	0
	Espaço Verde de Recreio e Produção	2
	Espaço Verde Ribeirinho	0
Quantidade REEE depositada	Quantidade depositada superior a 100001 Kg	4
	Quantidade depositada entre 20001 e 100000 Kg	3
	Quantidade depositada entre 5001 e 20000 Kg	2
	Quantidade depositada entre 1 e 5000 Kg	1
	Quantidade depositada igual a 0 Kg	0

3.9 Aptidão para deposição REEE com base nos critérios

Para avaliar as classes da **qualificação do espaço urbano** em função do interesse para deposição REEE, utilizaram-se nove classes da Carta de qualificação do espaço urbano pertencente ao PDM. Os espaços centrais e residenciais dominam no concelho de Lisboa; neste estudo considerou-se a predominância do uso habitacional mais favorável para a instalação de locais de depósito REEE, porque naturalmente têm maior percentagem de concentração da população na cidade, pelo menos em certos períodos do dia, logo foram classificados com níveis mais altos de aptidão (4). Além do uso residencial, os espaços mencionados admitem os usos terciários, turismo, equipamento, indústria compatível e micrologística que também se enquadram como potenciais espaços para deposição deste tipo de resíduos.

Os espaços de atividades económicas, caracterizam-se por atividade terciária, industrial, logística, turística e de equipamento. Inclusive, também são locais indutores da fixação de atividades com capacidade de inovação, investigação e desenvolvimento, desta forma, podem estimular ao uso de equipamentos tecnológicos e consequentemente geração de REEE, razão de atribuir-se a esta classe o nível de aptidão médio (3).

Com igual nível de aptidão foram avaliados os espaços de uso especial de equipamentos porque ao compreenderem a utilização coletiva de serviços públicos, por exemplo universidades, hospitais ou esquadras de polícia são locais onde existem quantidades consideráveis de material informático.

Aos espaços verdes de recreio e produção e aos espaços verdes de enquadramento a infraestruturas, duas das quatro subcategorias dos espaços verdes, foram associados uma avaliação de aptidão baixa (2). Um dos motivos prende-se com o facto de muitos destes locais estarem localizados a distâncias relativamente longas de uma fonte de energia elétrica, para além de muitas vezes se tratarem de locais de escassa permanência por parte da população.

Por último, restam os níveis de aptidão nula (0) ocupados pelas classes de uso especial de infraestruturas, em razão das atividades aí desenvolvidas serem incompatíveis com a deposição de resíduos por parte da população; o uso especial ribeirinho; o espaço verde de proteção e conservação e o espaço verde ribeirinho.

Relativamente à aptidão para deposição no critério de qualificação do espaço urbano, o concelho tem 46,5% com nível de aptidão elevada, e é possível verificar que se distribui por todas as freguesias. Salientam-se com maior expressão o Lumiar (3,05 Km²), Marvila (2,61 Km²), Alvalade (2,53 Km²), Olivais (2,47 Km²), Belém (2,47 Km²), Avenidas Novas (2,11 Km²) e São Domingos de Benfica (1,95 Km²). Em 2014, à área que ocupa este nível de aptidão pertencem 69 locais para deposição REEE (53% do total). Dos quais 43 pontos de recolha acumularam a quantidade total de 192883 Kg (39% do total), os 26 pontos restantes não registaram qualquer depósito deste resíduo. A aptidão média da área total corresponde a 14,3% do concelho de Lisboa, que representa os espaços de atividades económicas e uso especial de equipamentos, que ao contrário do uso especial de infraestruturas é compatível com o depósito deste tipo de resíduo por parte da população (Figura 18 e Quadro 20).

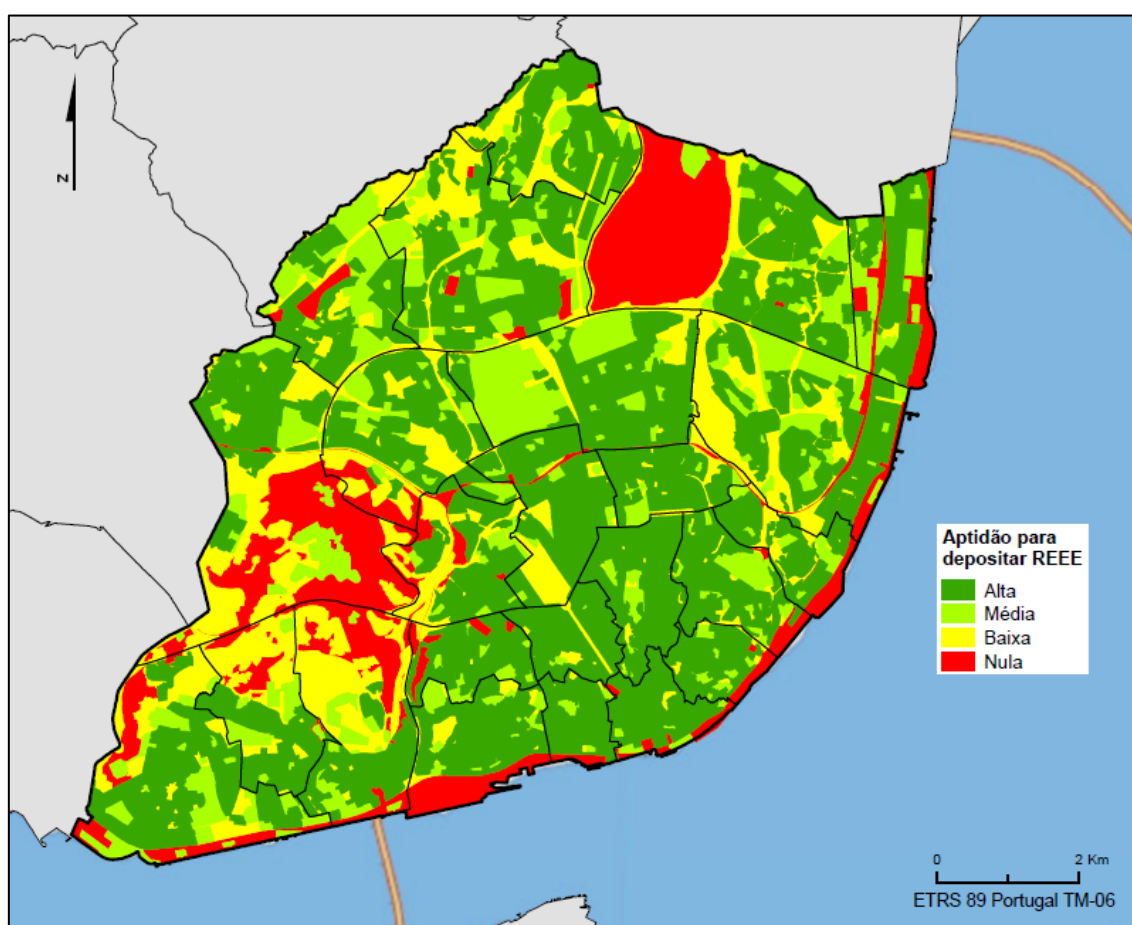


Figura 18 - Aptidão da qualificação do solo urbano, (PDM, carta produzida pelo IGP, 2007) para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Quadro 20 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas à qualificação do espaço urbano.

Nível de aptidão	Área total	
	Km ²	%
Alta	39,5	46,5
Média	14,3	16,9
Baixa	17,5	20,5
Nula	13,6	16,1
Total	84,9	100

Outro critério essencial para o sucesso da localização dos pontos para deposição está relacionado com o histórico da **quantidade REEE depositada** por freguesia, os dados utilizados nesta análise são relativos ao ano 2014.

Na atribuição dos valores para a variável consideraram-se cinco categorias de acordo com as quantidades recolhidas por freguesia e definidas nas respectivas classes de aptidão para depósito da seguinte forma:

Tal como se pode verificar pela figura 19 e pelo quadro 21, o concelho de Lisboa tem 11 Km² (13%) de área com aptidão elevada para deposição REEE, representado nas freguesias da Estrela (148079 Kg) e Olivais (102488 Kg) que em conjunto somam 13 pontos para depósito (10% do total) e uma quantidade de 250892 Kg (50% do total) de REEE. A maior área pertence ao nível de aptidão média, corresponde a 44,4% do concelho. As classes que limitam as freguesias com menor e maior aptidão (Kg REEE depositada) nesta classe foram respetivamente, a da Misericórdia (10460 Kg) e a de Carnide (42669 Kg). Nove freguesias constituem este conjunto de aptidão, totalizando 72 locais para deposição (55% do total) e 217407 Kg (44% do total) de REEE recolhidas.

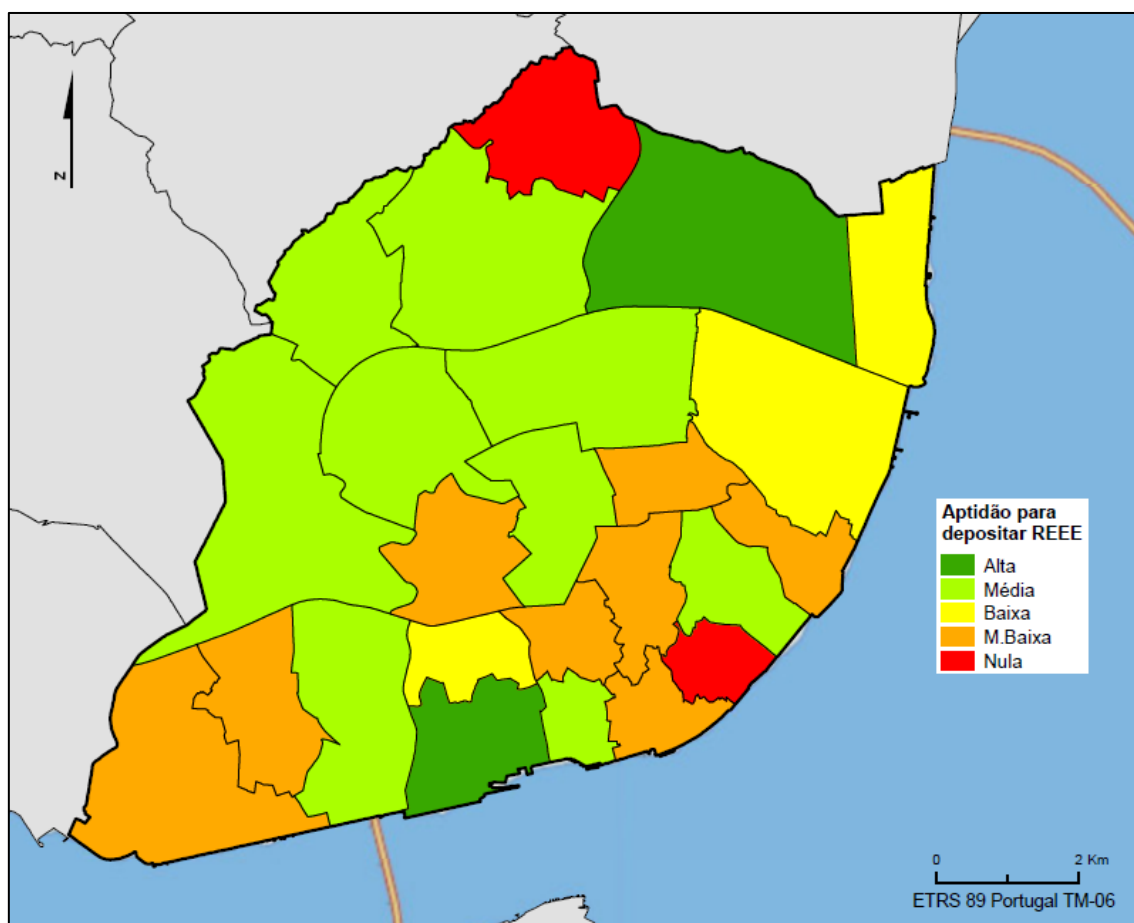


Figura 19 - Aptidão da quantidade de resíduos elétricos e eletrónicos depositados em 2014 para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Quadro 21 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas à quantidade de resíduos elétricos e eletrónicos depositados em 2014.

Nível de aptidão	Área total		Limites da classe
	Km²	%	Kg
Alta	11,0	13,0	102813 - 148079
Média	37,7	44,4	10460 - 42669
Baixa	10,8	12,7	5150 - 8496
Muito Baixa	22,7	26,8	12 - 3619
Nula	2,7	3,1	0
Total	84,9	100	497335

No que se refere à **densidade populacional** foram atribuídas as cinco classes de aptidão da escala de padronização. Consideraram-se os locais de maior concentração populacional as classes mais elevadas para depositar REEE, em oposição às classes mais baixas os locais de baixa ou sem densidade populacional.

Atribui-se aptidão elevada para depósito deste fluxo específico de resíduos uma área de 3,37 Km² (4%), com um valor superior a 30000 Hab/Km² à subsecção estatística (Figura 20 e Quadro 22). Área a que correspondem apenas dois locais para deposição, os quais continham 17410 Kg (3,5% do total) de REEE recolhido. A área que compreende o nível de aptidão médio ocupa 11,11 Km² (13%), ao qual pertencem doze pontos de recolha com um total de 119511 Kg (24% do total) de REEE depositado. A este critério, as maiores áreas correspondem os níveis de aptidão baixo 15,24 Km² (18%), muito baixo 41,13 Km² (48,4%) e nulo 14,1 Km² (16,6%). Respetivamente contém 24, 58 e 35 pontos de depósito que correspondem a 22515 Kg, 96255 Kg e 241644 Kg.

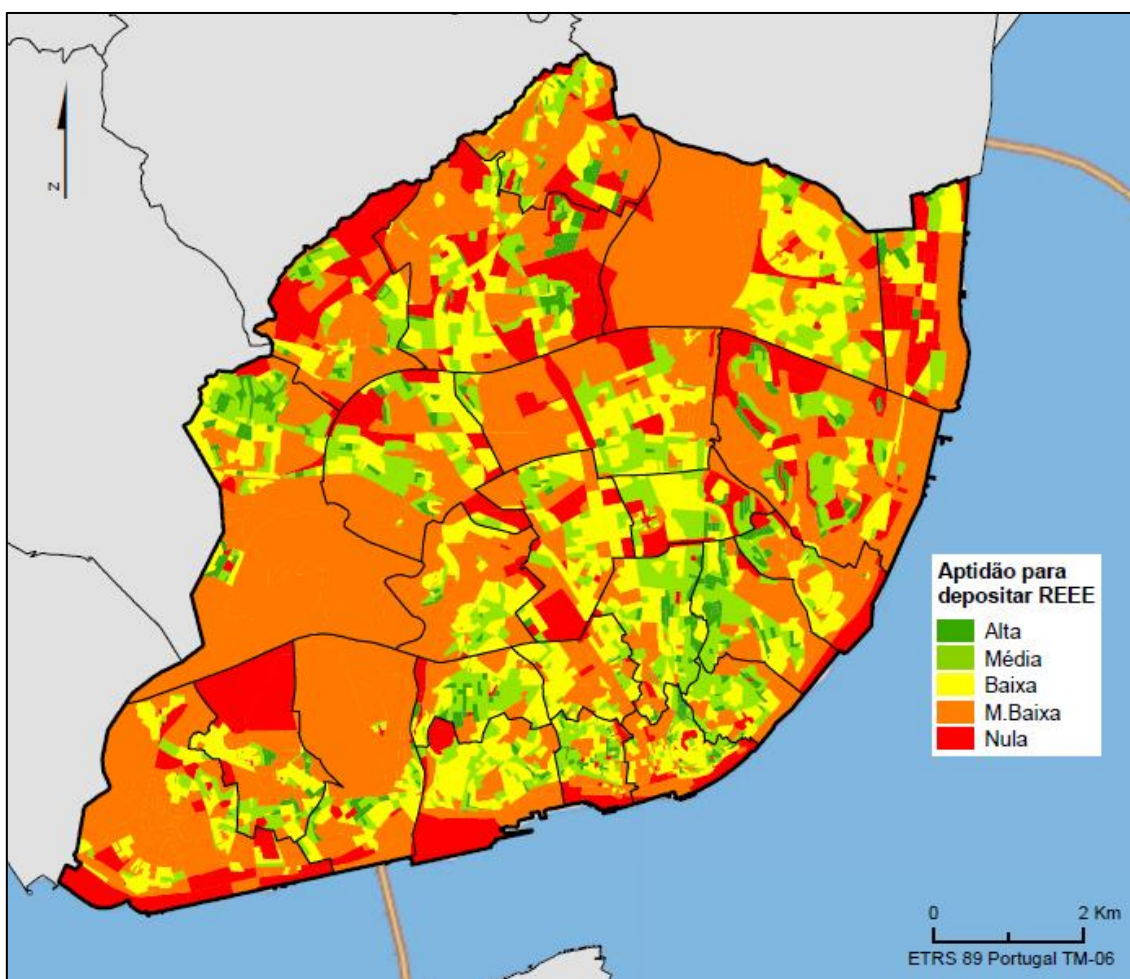


Figura 20 - Aptidão da densidade populacional para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Quadro 22 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas à densidade populacional por subsecção estatística.

Nível de aptidão	Área total		Limites da classe
	Km ²	%	Hab/Km ²
Alta	3,37	4,0	> 30000
Média	11,11	13,0	15000 - 30000
Baixa	15,24	18,0	5000 - 15000
Muito Baixa	41,13	48,4	1 - 5000
Nula	14,1	16,6	0
Total / Média	84,9	100	14476

Consideraram-se os locais com mais **residentes com curso superior** as classes mais elevadas para depositar REEE, em oposição às classes mais baixas os locais com zero ou menos residentes com curso superior as classes mais baixas.

Atribui-se aptidão elevada para depósito deste fluxo específico de resíduos uma área de 3,90 Km² (4,6%), com um valor entre 201 a 527 indivíduos por subsecção estatística (Figura 21 e Quadro 23). Área a que correspondem apenas sete locais para deposição, os quais continham 108837 Kg (21,8% do total) de REEE recolhido. A área que compreende o nível de aptidão médio ocupa 7,81 Km² (9,1%), ao qual pertencem dezassete pontos de recolha com um total de 23790 Kg (4,7% do total) de REEE depositado. O nível de aptidão baixo compreende uma área de 9,65 Km² (11,4%), onde estão localizados 18 pontos de recolha com um total de 17504 Kg (3,5% do total) de REEE depositado. Neste critério, as maiores áreas pertencem os níveis de aptidão muito baixo 39,62 Km² (46,7%) e nulo 23,96 Km² (28,2%). O primeiro contém quarenta e seis, ao passo que o segundo possui quarenta e três pontos para depósito, que correspondem a 100154 Kg e 247050 Kg.

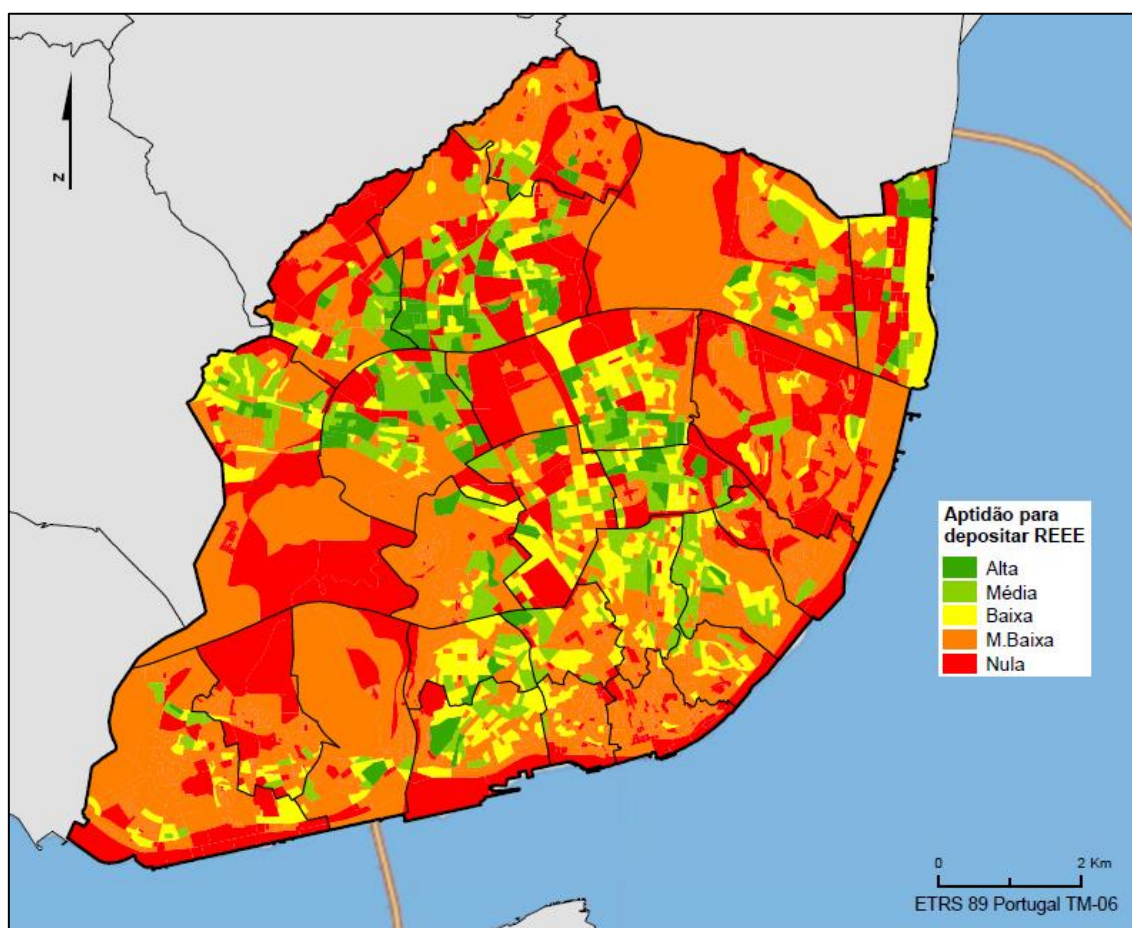


Figura 21 - Aptidão de residentes com curso superior para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Quadro 23 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao número de residentes com curso superior por subsecção estatística.

Nível de aptidão	Área total		Limites da classe
	Km ²	%	Res. comens. superior
Alta	3,90	4,6	201 - 527
Média	7,81	9,1	101 - 200
Baixa	9,65	11,4	51 - 100
Muito Baixa	39,62	46,7	1 - 50
Nula	23,96	28,2	0
Total	84,9	100	148413

A idade é a variável que apresenta maior ambiguidade em todos os estudos analisados relativamente à faixa etária que recicla mais quantidades deste tipo de resíduos. A investigação revela que a **idade entre os 15 e 64 anos**, ou seja, jovens, indivíduos de meia idade e idosos, todos contam para o sucesso na localização geográfica dos futuros pontos de deposição REEE.

Desta forma, atribui-se aptidão elevada para depósito destes resíduos onde existiam maior número destes residentes por subsecção, ao que correspondeu uma área de 2,85 Km² (3,3%), com um valor entre 401 a 849 indivíduos (Figura 22 e Quadro 24). Apenas cinco locais para deposição estavam contidos nesta área em 2014, contudo foram recolhidas 102505 Kg (20,6% do total) de REEE nesse ano.

O nível de aptidão médio ocupa a maior área neste critério com 29,19 Km² (34,3%), ao qual pertencem quarenta e dois pontos de recolha, no entanto só 71574 Kg (14,4% do total) de REEE correspondem ao total depositado.

O nível de aptidão baixo compreende uma área de 12,62 Km² (15%), onde estão contidos dez pontos de recolha com um total de 11381 Kg (2,2% do total) de REEE depositado.

A área que compreende o nível de aptidão muito baixo ocupa 25,50 Km² (30%), ao qual pertencem trinta e nove pontos de recolha e 70231 Kg (14,1% do total) de REEE recolhido.

A classe com nível de aptidão nulo corresponde a subsecções onde não existem residentes com idades entre os 15 e 64 anos, compreende uma área de 14,78 Km² (17,4%), onde estão localizados trinta e cinco pontos de recolha que acumularam surpreendentemente 241644 Kg (48,6% do total) de REEE depositado.

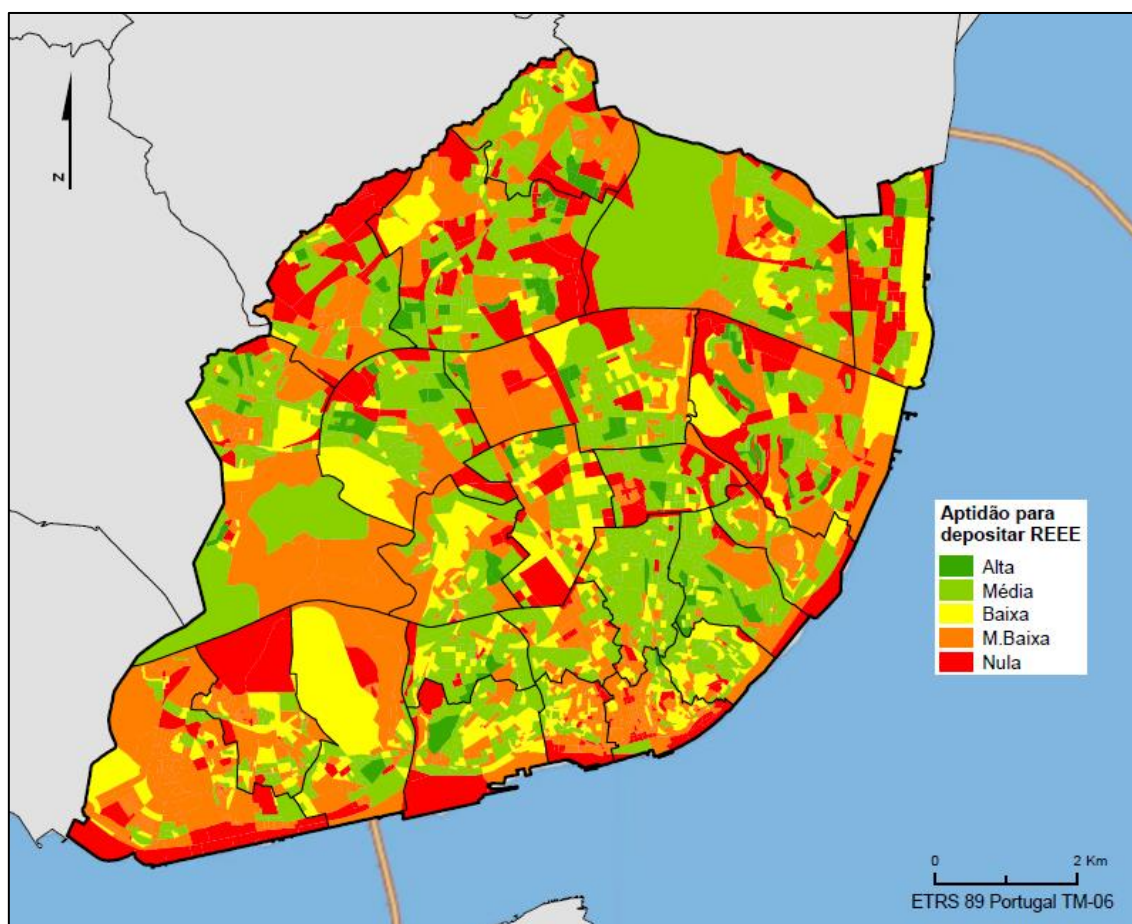


Figura 22 - Aptidão de residentes com idade entre 15 e 64 anos para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Quadro 24 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao número de residentes com idade entre 15 e 64 anos por subsecção estatística.

Nível de aptidão	Área total		Limites da classe
	Km ²	%	Res. com idade entre 15 e 64 anos
Alta	2,85	3,3	401 - 849
Média	29,19	34,3	101 - 400
Baixa	12,62	15,0	51 - 100
Muito Baixa	25,50	30,0	1 - 50
Nula	14,78	17,4	0
Total	84,9	100	346279

O critério dos indivíduos **residentes empregados**, avaliou-se da seguinte forma, atribuíram-se os locais (subsecções estatísticas) que apresentavam maior número de indivíduos empregados, as classes mais elevadas para deposição REEE, em oposição aos locais com menor número de indivíduos empregados atribuíram-se classes mais baixas.

Atribui-se aptidão elevada para depósito deste fluxo específico de resíduos uma área de 6,88 Km² (8,1%), com um valor entre 201 a 523 indivíduos por subsecção estatística (Figura 23 e Quadro 25). Área a que correspondem apenas onze locais para deposição, os quais continham 111981 Kg (22,5% do total) de REEE recolhido. A área que compreende o nível de aptidão médio ocupa 15,77 Km² (18,6%), ao qual pertencem vinte e dois pontos de recolha com um total de 28149 Kg (5,6 do total) de REEE depositado. O nível de aptidão baixo compreende uma área de 14,33 Km² (16,9%), onde estão contidos dezoito pontos de recolha com um total de 44433 Kg (8,9% do total) de REEE depositado. As maiores áreas pertencem os níveis de aptidão muito baixo 31,68 Km² (37,3%) e nulo 16,28 Km² (19,1%). Ambas as classes contêm quarenta pontos de depósito que correspondem a 68976 Kg (13,8 do total) e 243796 Kg (49% do total).

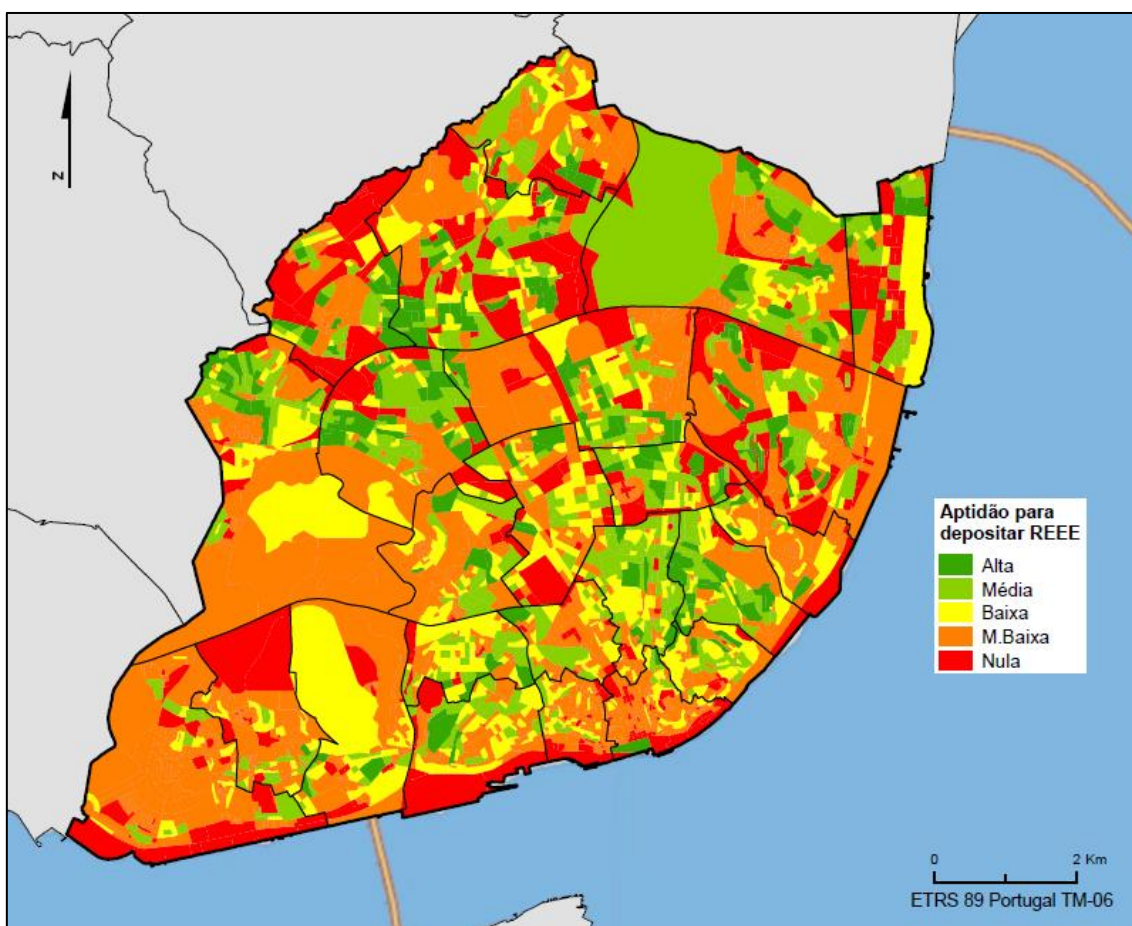


Figura 23 - Aptidão de indivíduos residentes empregados para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Quadro 25 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao número de residentes empregados por subsecção estatística.

Nível de aptidão	Área total		Limites da classe
	Km ²	%	Res. empregados
Alta	6,88	8,1	201 - 523
Média	15,77	18,6	101 - 200
Baixa	14,33	16,9	51 - 100
Muito Baixa	31,68	37,3	1 - 50
Nula	16,28	19,1	0
Total	84,9	100	229566

Quanto ao **valor das habitações** por freguesia, atribuiu-se as classes de aptidão mais elevadas para depositar REEE às freguesias onde o preço do metro quadrado para comprar casa é mais elevado e classes de aptidão baixas para freguesias onde é mais barato adquirir habitação.

A figura 24 e o quadro 26 identificam a área de aptidão elevada para esta variável, que ocupa 7,08 Km² (8,4%) aos quais pertencem 13 pontos para deposição (10% do total) e 29178 Kg de REEE depositadas (5,8% do total). A área de aptidão média ocupa uma superfície de 30,58 Km² (36%), dentro da qual estão contidos 62 pontos para deposição (47% do total) e 252803 Kg de REEE depositadas (51% do total). A classe de aptidão baixa ocupa a maior área, 35,95 Km², aos quais pertencem 46 pontos para deposição (35% do total) e 208028 Kg de REEE depositados (42% do total). As freguesias com menor valor de compra para habitação são Marvila, Santa Clara e Beato. Ocupam uma superfície com 11,33 Km² que contem dez pontos para deposição e 7326 Kg de REEE depositados.

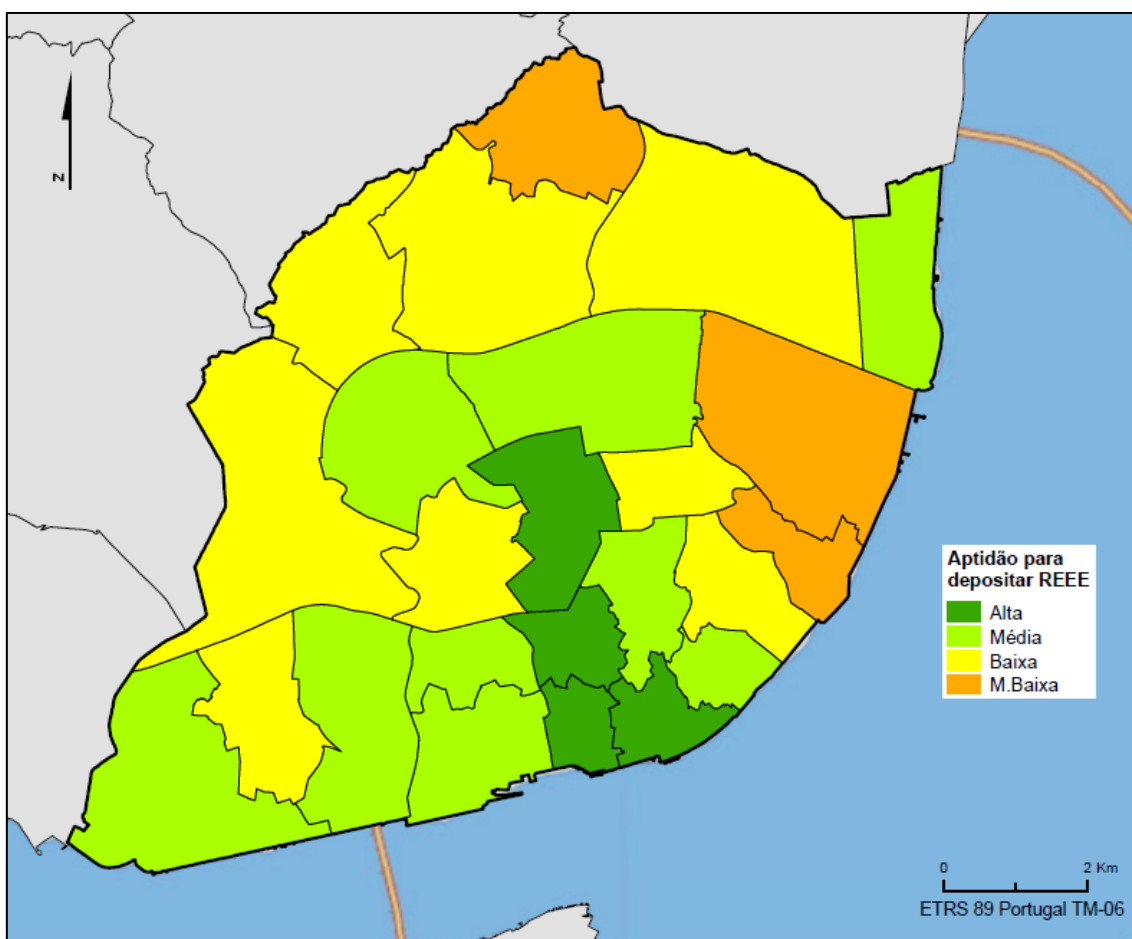


Figura 24 - Aptidão do valor de compra de habitação por freguesia para a deposição de REEE no concelho de Lisboa.

Quadro 26 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE associadas ao valor de compra de habitação por freguesia.

Nível de aptidão	Área total		Limites da classe
	Km ²	%	Euros/m ²
Alta	7,08	8,4	> 4000
Média	30,58	36,0	3000 - 4000
Baixa	35,95	42,3	2000 - 3000
Muito Baixa	11,33	13,3	< 2000
Total / Média	84,9	100	3035

3.10 Processo analítico hierárquico

A aplicação da metodologia proposta – Processo Hierárquico Analítico (AHP - Analytic Hierarchy Process) – possibilita identificar e classificar as áreas potenciais, usando as respetivas técnicas estatísticas para validar os diferentes graus de influência que se atribuem aos fatores selecionados para a avaliação do potencial de recolha REEE no concelho de Lisboa.

O AHP foi criado na década de 1970 por Thomas L. Saaty e desde então tem sido aplicado em diversos problemas de decisão, sendo utilizado com o objetivo de definir o grau de importância (peso) dos critérios relevantes ao processo decisório. Este método permite validar o grau de importância que foi atribuído a cada fator e calcular o seu peso relativo dentro da avaliação, visto que, tal como já se referiu anteriormente, existem fatores que se destacam com maior relevância na avaliação da aptidão de recolha de REEE de uma região.

Saaty (2008) refere que para tomar uma decisão de uma forma organizada e estabelecendo prioridades, é necessário efetuar os seguintes passos:

- 1) Definir o problema e determinar que tipo de conhecimento se procura;
- 2) Estruturar a hierarquia da decisão: no topo, o objetivo da decisão; nos níveis intermédios, os atributos e critérios valorizados; no nível inferior, o grupo de alternativas;
- 3) Comparar as alternativas disponíveis com os atributos valorizados e registar as preferências em matrizes;
- 4) Usar as prioridades obtidas através das comparações para pesar as prioridades no nível imediatamente inferior. Repetir para todos os elementos.

Nesta fase todos os dados estão em formato raster para se proceder ao cruzamento de toda a informação. O processo de determinação dos pesos a atribuir nas ponderações dos diversos fatores inicia-se com uma comparação sucessiva entre critérios numa matriz, segundo uma escala de importância de 1 a 9 indicada por Saaty (2008) e termina com a verificação da consistência destas operações.

Para a hierarquia de prioridades para os critérios em estudo, a qualidade ou consistência da solução tem que ser testada. Neste sentido, Saaty (2008) propõe a seguinte sequência de procedimentos:

- a) Construção da matriz de comparação par-a-par;
- b) Determinar o *eigenvector* (λ_{max}): divide-se o vetor do total de entradas pelo vetor da média e obtém-se um novo vetor (vetor λ_{max}). Deste vetor somam-se as suas parcelas e divide pelo número de critérios;
- c) Calcular o índice de consistência – *Consistency Index* – (CI) através da seguinte equação:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}$$

onde n representa a ordem da matriz;

- d) Calcular a razão de consistência – *Consistency Ratio* (CR) – usando a equação:

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1$$

onde RI – Random Consistency Index – é o índice de consistência aleatória e depende da ordem de grandeza da matriz (Quadro 27).

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Quadro 27 - Tabela dos Índices aleatórios de Saaty.

Fonte: Amorim (2014), adaptado de Saaty (1980).

- e) Efetuar reavaliação da matriz de comparação se CR superior a 0,1.

3.10.1 Cálculo do potencial das áreas de recolha REEE

Com base nos procedimentos descritos anteriormente, procedeu-se ao cálculo do potencial de recolha REEE para o concelho de Lisboa. Primeiramente torna-se necessário considerar os fatores que podem influenciar o potencial de recolha REEE de acordo com o seu grau de importância relativa, para isso são hierarquizados os critérios (Quadro 28).

Salienta-se que esta hierarquia tem por base uma tese de doutoramento intitulada “Fatores determinantes para os comportamentos da reciclagem” de Martinho, Maria G. M., defendida na Universidade Nova de Lisboa em 1988, e o estudo “Gestão de resíduos em Lisboa” de Gonçalves, Maria G. P. e Martinho, Maria G. M., (2000).

Quadro 28 - Hierarquização da importância dos fatores para avaliação da aptidão para a recolha REEE.

Tema	Escala Hierárquica
Quantidade REEE depositada	7
Densidade Populacional	6
Residentes com curso superior	5
Valores imobiliários por freguesia	4
Residentes empregados	3
População com a idade alvo	2
Qualificação do espaço urbano	1

Tomando como objetivo a avaliação da aptidão de recolha REEE, definiu-se a matriz de comparação dos critérios (Quadro 29) a partir da escala de Saaty (2008) - Figura 25 - para comparar os sete critérios.

<i>Intensity of Importance</i>	<i>Definition</i>	<i>Explanation</i>
1	Equal Importance	Two activities contribute equally to the objective
2	Weak or slight	
3	Moderate importance	Experience and judgement slightly favour one activity over another
4	Moderate plus	
5	Strong importance	Experience and judgement strongly favour one activity over another
6	Strong plus	
7	Very strong or demonstrated importance	An activity is favoured very strongly over another; its dominance demonstrated in practice
8	Very, very strong	
9	Extreme importance	The evidence favouring one activity over another is of the highest possible order of affirmation

Figura 25 - Escala de Saaty (2008).

É comparado um critério indicado à esquerda com o critério indicado no topo e responde-se à questão: quantas vezes mais é importante o critério da esquerda em relação ao do topo? No caso de comparações inversas, isto é, a quantidade REEE depositada ser mais importante que os residentes empregados, serão utilizados os valores inversos aos da tabela. Por exemplo, caso a quantidade REEE depositada seja muito mais importante que os residentes empregados, o valor a utilizar é de $1/n$. O critério mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da escala, e o menos importante, como o inverso. As posições na diagonal são sempre um, pois um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Das ponderações atribuídas resulta a matriz do Quadro 29.

Quadro 29 - Matriz de comparação normalizada e ponderação estimados.

Critérios	Quantidade REEE depositada	Densidade Populacional	Residentes com curso superior	Valores imobiliários /freguesia	Residentes empregados	População com a idade alvo	Qualificação do espaço urbano
R- Quantidade REEE depositada	1	2	3	4	5	7	9
P- Densidade populacional	1/2	1	2	3	4	5	7
S- Residentes com curso superior	1/3	1/2	1	2	3	4	6
V- Valores imobiliários/freguesia	1/4	1/3	1/2	1	2	3	5
E- Residentes empregados	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
I- População com a idade alvo	1/7	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
Q- Qualificação do espaço urbano	1/9	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1
Soma	2,5	4,4	7,2	11,0	15,8	22,5	33,0

O próximo passo é normalizar as matrizes: deve-se dividir cada elemento da matriz pela soma da coluna a que pertence; na normalização dos valores de cada coluna a soma de todos os seus elementos tem que ser igual a 1 (Quadro 30). Para obter os pesos, são somadas as linhas da matriz e divididas pelo número de elementos diferentes (4).

Quadro 30 - Normalização dos valores (cálculo do vetor λ_{max}).

Critérios	R	P	S	V	E	I	Q	Peso (vetor λ_{max})
R- Quantidade REEE depositada	0.4000	0.4545	0.4167	0.3636	0.3165	0.3111	0.2727	0.362
P- Densidade populacional	0.2000	0.2273	0.2778	0.2727	0.2532	0.2222	0.2121	0.238
S- Residentes com curso superior	0.1200	0.1136	0.1389	0.1818	0.1899	0.1778	0.1818	0.158
V- Valores imobiliários/freguesia	0.1000	0.0682	0.0694	0.0909	0.1266	0.1333	0.1515	0.106
E- Residentes empregados	0.0800	0.0568	0.0417	0.0455	0.0633	0.0889	0.0909	0.067
I- População com a idade alvo	0.0560	0.0455	0.0347	0.0300	0.0316	0.0444	0.0606	0.043
Q- Qualificação do espaço urbano	0.0440	0.0318	0.0231	0.0182	0.0209	0.0222	0.0303	0.027
Totais	1	1	1	1	1	1	1	1

Além dos pesos de cada critério, para cada matriz AHP é também calculada um índice de consistência, com vista à verificação do grau de consistência dos resultados. A verificação visa confirmar se a avaliação atribuída à comparação entre critérios foi consistente relativamente à tomada de decisão, e para este efeito, procedeu-se ao cálculo do Índice de Consistência (CI) e da Razão de Consistência (CR).

Em primeiro lugar multiplica-se a matriz de comparações (Quadro 29) pelo vetor de pesos obtidos (Quadro 30), para obter um novo vetor.

$$\left[\frac{(1 * 0,362) + (2 * 0,238) + (3 * 0,158) + (4 * 0,106) + (5 * 0,067) + (7 * 0,043) + (9 * 0,027)}{0,362} \right] = 7,2237$$

$$\left[\frac{\left(\frac{1}{2} * 0,362\right) + (1 * 0,238) + (2 * 0,158) + (3 * 0,106) + (4 * 0,067) + (5 * 0,043) + (7 * 0,027)}{0,238} \right] = 7,2478$$

$$\left[\frac{\left(\frac{1}{3} * 0,362\right) + \left(\frac{1}{2} * 0,238\right) + (1 * 0,158) + (2 * 0,106) + (3 * 0,067) + (4 * 0,043) + (6 * 0,027)}{0,158} \right] = 7,2447$$

$$\left[\frac{\left(\frac{1}{4} * 0,362\right) + \left(\frac{1}{3} * 0,238\right) + \left(\frac{1}{2} * 0,158\right) + (1 * 0,106) + (2 * 0,067) + (3 * 0,043) + (5 * 0,027)}{0,106} \right] = 7,1014$$

$$\left[\frac{\left(\frac{1}{5} * 0,362\right) + \left(\frac{1}{4} * 0,238\right) + \left(\frac{1}{3} * 0,158\right) + \left(\frac{1}{2} * 0,106\right) + (1 * 0,067) + (2 * 0,043) + (3 * 0,027)}{0,067} \right] = 7,0375$$

$$\left[\frac{\left(\frac{1}{7} * 0,362\right) + \left(\frac{1}{5} * 0,238\right) + \left(\frac{1}{4} * 0,158\right) + \left(\frac{1}{3} * 0,106\right) + \left(\frac{1}{2} * 0,067\right) + (1 * 0,043) + (2 * 0,027)}{0,043} \right] = 7,0848$$

$$\left[\frac{\left(\frac{1}{9} * 0,362\right) + \left(\frac{1}{7} * 0,238\right) + \left(\frac{1}{6} * 0,158\right) + \left(\frac{1}{5} * 0,106\right) + \left(\frac{1}{3} * 0,067\right) + \left(\frac{1}{2} * 0,043\right) + (1 * 0,027)}{0,027} \right] = 7,1329$$

Os elementos deste novo vetor serão divididos pelos elementos do vetor de pesos, e a sua soma dividida pelo número de elementos resultará em λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{7,2237 + 7,2478 + 7,2447 + 7,1014 + 7,0375 + 7,0848 + 7,1329}{7} = 7,1532$$

De seguida, calcula-se o índice de consistência. Para verificar se existe consistência no desenvolvimento do método deve se calcular o índice de consistência (CI) para posterior cálculo da razão de consistência (CR):

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n-1} = \frac{7,15-7}{7-1} = 0,02$$

O último valor necessário é o índice aleatório (RI). Para o modelo proposto, como apresenta sete critérios, o valor do Índice Aleatório definido é **1,32** (Quadro 27).

De seguida é calculado a índice de consistência (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,02}{1,32} = 0,0151$$

Como o valor de CR é menor que 10% (0,10) a matriz pode ser considerada consistente.

Na priorização do grupo de critérios, o critério Quantidade REEE depositada é o mais relevante (36,2%) do grupo, ou seja, ele é o que mais contribui para o objetivo final. O critério que menos contribui (2,7%) é o critério Qualificação dos espaços urbanos. Pode-se dizer que uma avaliação positiva no critério Quantidade REEE depositada contribui treze vezes mais do que uma avaliação positiva no critério Qualificação dos espaços urbanos.

3.11 Potencial das áreas de aptidão

Após a obtenção da cartografia com a identificação das áreas restritas (figura 17) para a recolha REEE, os critérios foram cruzados, de forma a obter um mapa com os locais mais favoráveis para a localização dos pontos de recolha. Este foi produzido através de uma soma ponderada a partir da cartografia parcial de cada um dos critérios (quantidade REEE depositada, densidade populacional, residentes com curso superior, valores imobiliários por freguesia, residentes empregados, população com a idade alvo, qualificação do espaço urbano), devidamente normalizados (0 a 7), atribuindo os respetivos pesos de acordo com os cálculos previamente apresentados, obtendo-se assim áreas com maior aptidão para a localização dos pontos de recolha REEE. Os resultados obtidos foram classificados em 4 categorias: elevada (valor 4), média (valor 3), baixa (valor 2), muito baixa (valor 1) e nula (0) conforme consta na Figura 26.

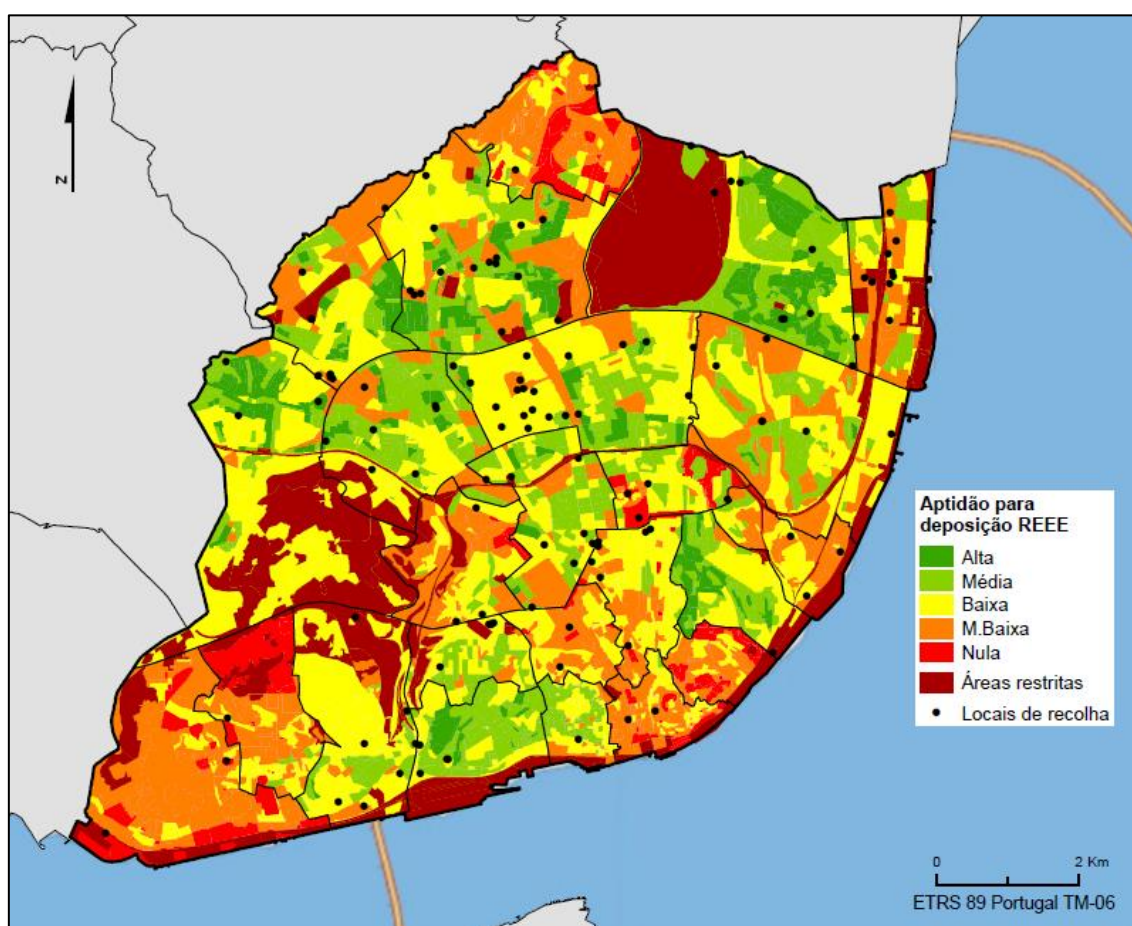


Figura 26 - Potencial de deposição no concelho de Lisboa e localização dos pontos de recolha existentes em 2014.

Como se observa no Quadro 31, o concelho de Lisboa tem 5,23 Km² (6,2%) de área total com potencial de deposição REEE elevado, 15,49 Km² (18,1%) com potencial médio, sendo que as áreas menos favoráveis, que revelam aptidão baixa, muito baixa e nula ocupam respetivamente 26,84 Km², 19,55 Km² e 3,84 Km². A área onde não é viável a deposição REEE por parte da população, aqui designada de restrita ocupa 14,04 Km².

Quadro 31 - Frequência das classes de aptidão para depositar REEE no concelho de Lisboa.

Nível de aptidão	Ano 2014					
	Área total		N.º locais para deposição		Quant. REEE depositada (Kg)	
	Km ²	%		%		%
Alta	5,23	6,2	8	6	125287	25
Média	15,49	18,1	20	15	34755	7
Baixa	26,80	31,6	56	43	219639	44
Muito Baixa	19,54	23,0	35	27	73691	15
Nula	3,84	4,6	5	4	5184	1
Área restrita	14,04	16,5	7	5	38779	8
Total	84,9	100	131	100	497335	100

Das dezoito freguesias que são abrangidas pelo nível de aptidão alta, destacam-se Olivais (1,39 Km²), Lumiar (1,09 Km²) e Benfica, (0,74 Km²), nas quais resultaram as maiores áreas ocupadas desta classe. Estavam contidos oito locais para deposição REEE em toda a área que este nível de aptidão compreende, em 2014 distribuídos por quatro freguesias, Olivais (3), Alvalade (2), Benfica (2) e Lumiar (1), correspondentes a 125287 Kg (cerca de 25% do REEE depositado na cidade de Lisboa nesse ano).

Relativamente ao nível de aptidão médio, resultaram vinte e quatro freguesias abrangidas, evidenciando-se Olivais (2,26 Km²), São Domingos de Benfica (1,72 Km²) e Lumiar (1,57 Km²).

Pertenciam vinte locais para deposição ao nível de aptidão médio em 2014 distribuídos por oito freguesias, São Domingos de Benfica (5), Alvalade (4), Olivais (4), Avenidas Novas (3), Benfica (1), Alcântara (1), Areeiro (1) e Lumiar (1), correspondentes a 34755 Kg (aproximadamente 7% do total REEE depositado).

Com as classes de aptidão baixa e muito baixa verificou-se que todas as freguesias da cidade são abrangidas por ambas as classes. Destacam-se as maiores áreas de aptidão baixa nas freguesias de Benfica (3,35 Km²), Alvalade (2,97 Km²) e Marvila (2,59 Km²). No que respeita ao número de pontos para deposição, estavam incluídos cinquenta e seis

neste nível de aptidão, que acumularam 219639 Kg de REEE depositados (cerca de 44% do total). Com mais locais para deposição REEE nesta classe destacam-se as freguesias de Alvalade (10) e Alcântara (6). Em relação à aptidão muito baixa evidenciam-se as freguesias de Belém (3,30 Km²) Marvila (1,91 Km²) e Santa Clara (1,90 Km²) com maior dimensão territorial neste nível de aptidão. Estavam incluídos trinta e cinco pontos para deposição, aos quais foram depositados 73691 Kg de REEE (aproximadamente de 15% do total). As freguesias com mais locais para deposição nesta classe são as do Lumiar (8) e Parque das Nações (5).

A área da classe de aptidão nula abrange vinte freguesias. Evidenciam-se com maior dimensão territorial ocupada por a classe de aptidão nula as freguesias de Belém (0,94 Km²), Ajuda (0,82 Km²) e Santa Clara (0,78 Km²). Existiam cinco pontos para deposição nesta classe localizados nas freguesias de Areeiro (2), Belém (1), Campolide (1) e Santa Maria Maior (1), totalizando 5184 kg de REEE recolhido (1% do total).

Por último, a área restrita ocupa vinte e três freguesias, destacando-se Olivais (3,63Km²), Benfica (2,95 Km²), e Alcântara (1,21 Km²) como as freguesias onde a dimensão territorial desta área é maior. Estavam contidos sete locais para deposição distribuídos pelas freguesias de Carnide (2), Olivais (1), Lumiar (1), Avenidas Novas (1), Penha de França (1) e Belém (1) na área restrita que acumularam 38779 Kg de REEE (cerca de 8% do total).

CAPÍTULO IV - OTIMIZAÇÃO DOS LOCAIS DE RECOLHA

4. Análise de redes

Para otimizar os locais de recolha é necessário definir a estrutura da rede viária (Network Dataset), utilizando a extensão Network Analyst do software ArcGIS, sendo esta, criada com base na rede viária já existente, segue-se a introdução das localizações na rede (Network Locations), isto é, os pontos de recolha que existiam em 2014 (Figura 26).

Uma rede é constituída por um conjunto de elementos lineares, chamados arcos, os quais representam canais de comunicação. Os nós, são elementos pontuais que estão conectados entre si através desses arcos. Na intersecção das linhas estão sempre nós, e por isso definem o início e o fim de um arco. Aplicando esta definição a uma rede viária, os arcos correspondem aos arruamentos e os nós correspondem aos entrosamentos e cruzamentos (Silva, 2009).

A arquitetura das redes em SIG pode assim ser descrita pela Teoria dos Grafos, segundo a qual um grafo é representado por $G = (V, L)$, correspondendo V a um conjunto de vértices e L às linhas que conectam os referidos vértices (Ribeiro, 2010).

Recorrendo à análise de redes é possível determinar qual o melhor caminho entre dois pontos ou qual o percurso ideal a fazer considerando a necessidade de passar obrigatoriamente por diferentes pontos, percorrendo em ambos os casos uma distância mínima. Este tipo de análise pode ser efetuado segundo diversos critérios como variáveis espaciais (distâncias), temporais (tempo de deslocação) e económicas (custo de deslocação) (Tristany, 2003).

Sendo a rede viária uma estrutura de dados geográficos base é preciso caracterizar cada um dos elementos da rede, o que quer dizer, associar um conjunto de atributos de modo a caracterizar a estrutura da rede. Exemplos desses atributos são a largura das ruas, o sentido do trânsito (unidirecional ou bidirecional), eventuais proibições e o comprimento de cada troço que constitui a rede, sem esquecer que mediante as características antes referidas, seria ideal a definição da velocidade de circulação na rede assim como a resistência que a rede viária oferece à passagem das viaturas, também designado por impedância. Por outro lado, é também importante ter em conta

quais os arruamentos, praças e pátios que poderão ficar excluídos da recolha (por estarem inacessíveis às viaturas de recolha) e nestes casos definir quais os melhores pontos para deposição dos resíduos, para que possam também ser incluídos nos circuitos de recolha. Por tudo isto, a rede viária é considerada a estrutura de dados base para a aplicação de qualquer um dos softwares de análise de redes (Silva, 2009).

A análise de redes pode ser feita em ambiente vetorial ou *raster*. No presente trabalho a análise de redes foi efetuada aproveitando as potencialidades da representação vetorial. O fator essencial para a análise de redes é a topologia da rede, que diz respeito às relações que se estabelecem entre cada um dos elementos que constituem essa rede e através dos quais se torna possível a simulação de movimento de acordo com condições predefinidas. Uma rede é considerada topologicamente correta quando existir pelo menos um caminho para cada um dos nós (Costa, 2007). Existindo a rede, os locais e as suas relações é necessário escolher a metodologia que otimize a localização dos novos pontos de recolha em função da maximização da sua cobertura à população.

4.1 Modelo de localização-alocação

A teoria da localização leva em consideração os problemas de instalação de serviços e gera um duplo objetivo: por um lado, encontrar as melhores localizações e por outro, determinar a alocação da procura para esses centros. Para resolver este duplo objetivo foram desenvolvidos os modelos de localização-alocação.

Os modelos de localização-alocação são um conjunto de técnicas utilizadas para resolver vários problemas de localização. A aplicação típica de um modelo de localização-alocação envolve a localização de instalações, selecionando um conjunto de locais a partir de um conjunto maior de locais candidatos, com a função de "otimização" em termos de alocação de procura para os locais selecionados (Fotheringham et al., 1995) tentam avaliar a localização atual dos centros de serviço numa base de distribuição de procura e tentam gerar alternativas para alcançar uma distribuição espacial mais eficiente e/ou equitativa. Esses modelos são projetados para encontrar as melhores localizações e determinar as melhores ligações (links) da procura (alocação). Estes modelos são utilizados em aplicações distintas, como por exemplo, conceção de redes de tráfego automóvel (Hodgson et al., 1996), ajuda ao planeamento de redes

hospitalares (Mestre et al., 2014), planeamento de rotas de veículos de patrulha da polícia de trânsito (Adler et al., 2014), encontrar a localização ideal de instalações de bioenergia (Comber et al., 2015), entre muitos outros.

Cada uma destas questões encerra objetivos distintos, o que por sua vez implica a utilização de tipos de análise também distintos. Na ferramenta de Location-Allocation do ArcGIS, há a possibilidade de resolver problemas de localização segundo seis objetivos diferentes, baseados em seis problemas de localização distintos (Hillsman, 1984; ESRI, 2016):

- a) **Minimizar a distância:** os equipamentos são localizados de modo a que a soma de todo o custo-tempo ou custo-distância entre os pontos de procura e os pontos candidatos seja minimizada. Esta funcionalidade da ferramenta de Location-Allocation escolhe pontos candidatos com base na soma de todos os impedimentos à deslocação (procura alocada a um equipamento multiplicada pela dificuldade de chegada ao mesmo), procurando reduzir a distância que a procura tem de percorrer até ao ponto candidato escolhido. Este problema é tradicionalmente utilizado para localizar postos de abastecimento, pois pode reduzir os custos de transporte na entrega de bens, mas também pode ser utilizado para distribuir equipamentos públicos, como Unidades de Saúde, pois permite uma localização mais equitativa; isto caso não seja estabelecido um valor máximo que limite a área de influência de um ponto candidato (figura 27a).
- b) **Maximizar a cobertura:** os equipamentos são localizados em pontos candidatos de modo a que o maior número de pontos de procura seja alocado à solução; dentro de um determinado valor que limita a sua área de influência. Este tipo de análise escolhe o ponto candidato que mais peso de procura tem na sua área de influência. Este tipo de problema é frequentemente utilizado na localização de serviços de emergência médica, uma vez que a rapidez para chegar aos pontos de procura é fator primordial (figura 27b).
- c) **Minimizar o número de equipamentos:** os equipamentos são localizados em pontos candidatos de modo a que mais locais de procura quanto possível estejam alocados a locais candidatos dentro de um determinado valor que limita a sua

área de influência; para além de que o número de equipamentos requeridos para cobrir os pontos de procura é minimizado. Este tipo de problema é muito semelhante ao anterior, com a exceção do número de equipamentos a localizar, que neste caso são determinados pelo utilizador. Este tipo de problema é utilizado para escolher o melhor local para paragens de autocarro escolar quando os estudantes têm de andar um pouco para chegar às mesmas (figura 27c).

- d) **Maximizar a utilização:** os equipamentos são escolhidos de modo a que o máximo da procura seja alocado aos mesmos assumindo que o peso da procura diminui em relação à distância entre o equipamento e o ponto de procura. Lojas de especialidade que têm pouca ou nenhuma concorrência beneficiam significativamente da aplicação deste tipo de análise, mas pode também ser benéfico para lojas de retalho e restaurantes que não têm informação sobre a concorrência. O problema da máxima utilização assume que quanto mais as pessoas demorarem a viajar até ao equipamento, menor a probabilidade de o usar, o que se reflete no modo como o peso da procura alocada a um equipamento diminui com a distância (figura 27d).
- e) **Maximizar a partilha de mercado:** um número específico de unidades é escolhido de modo a que a procura alocada seja maximizada na presença de concorrência. O objetivo é capturar o máximo da quota de mercado possível com um número determinado de equipamentos. Este tipo de análise escolhe pontos candidatos de modo a ter maior quantidade de procura na sua área de influência. Este tipo de análise requer mais informação que os anteriores pois, para além de ter de conhecer o peso de cada ponto de procura que se desloca ao seu equipamento, também necessita de saber o peso de cada ponto de procura que vai à concorrência (figura 27f).
- f) **Obter parte da quota de mercado:** escolhe o menor número de equipamentos necessários para capturar uma percentagem específica do mercado - tendo em conta a concorrência – definida à priori. Este tipo de análise requer mais informação que os anteriores pois, para além de ter de conhecer o peso de cada ponto de procura que se desloca ao seu equipamento, também necessita de saber o peso de cada ponto de procura que vai à concorrência (figura 27e).

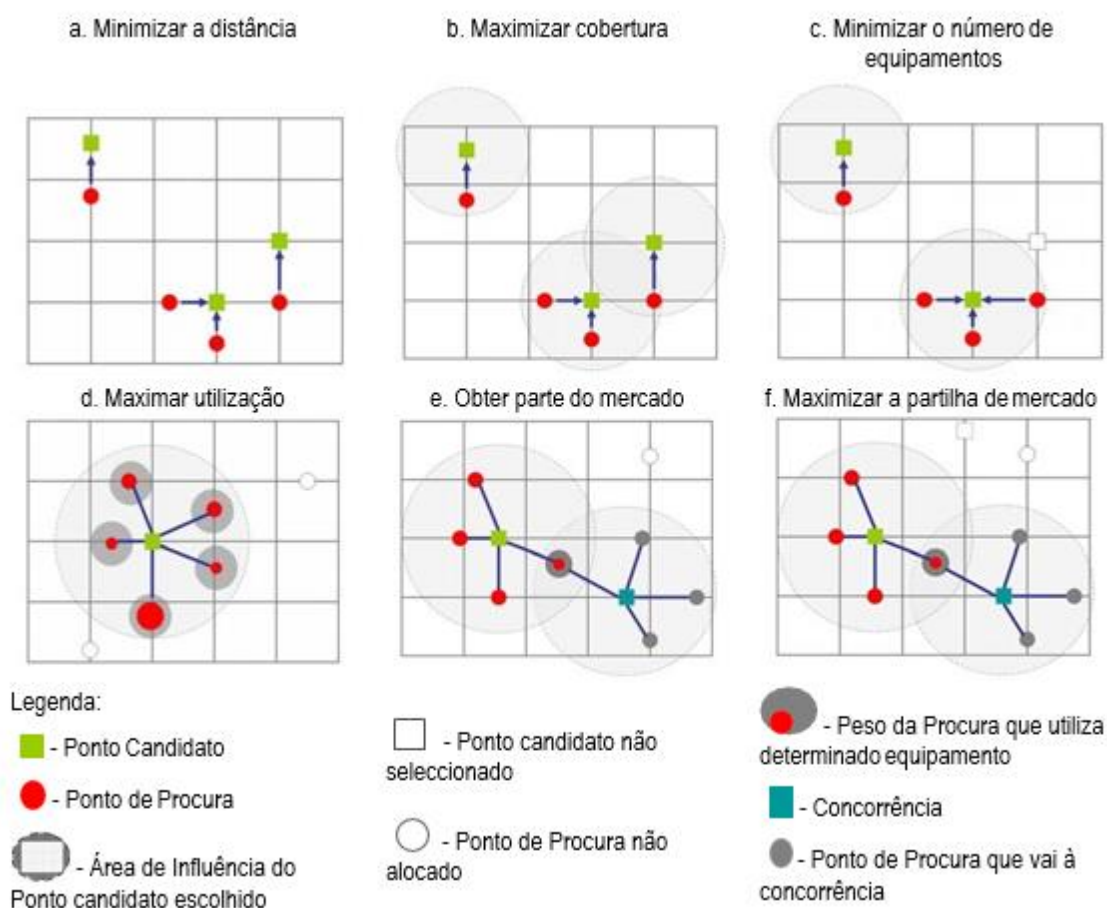


Figura 27 - Tipos de análise de problemas possíveis com a ferramenta de Location-Allocation
Fonte: ArcGis help, ESRI, 2015.

Em termos metodológicos, quando se pretende resolver um problema de localização com a ferramenta de Location-Allocation, o início é marcado pela geração de uma matriz de origem-destino dos caminhos mais curtos entre todos os pontos candidatos e os pontos de procura, utilizando a rede viária e a aplicação do algoritmo de Dijkstra; um dos mais antigos e fundamentais algoritmos para definição de matrizes de distâncias de caminhos mínimos. Este é utilizado para resolver o problema do caminho mais curto num grafo com arestas de peso não negativo, de modo não-direcionado (Mendez e Guardia, 2008).

Na presente análise a estratégia utilizada visa alocar o maior número de pessoas que residam no território identificado pelas quatro classes de aptidão, alta, média, baixa e muito baixa a possíveis locais de alocação para depositar REEE. Esta operação incorpora a rede de estradas do concelho de Lisboa para os cálculos das distâncias. O

método utilizado foi o de maximizar a cobertura (maximize coverage). Para os pontos de procura foram utilizados os centros geométricos das subsecções estatísticas com os valores da população. Este método escolhe os pontos de recolha de forma a maximizar a cobertura da procura por parte da população, enquanto se assume que o peso da procura diminui face à distância entre a população e o ponto de procura.

4.1.1 Método de maximização da cobertura

- 1) Para dar início à execução deste modelo cria-se um novo layer de análise location- allocation na extensão Network Analyst do software ArcGis.
- 2) O layer de análise de alocação de localização é adicionado à janela Network Analyst. As classes de análise de rede (Instalações, Pontos de Procura, Linhas, Barreiras de Ponto, Barreiras de Linha e Barreiras de Polígono) vazias serão adicionadas no passo seguinte. O layer de análise também é adicionado à janela da tabela de conteúdo.
- 3) Segue-se a adição dos pontos para deposição existentes em 2014 na extensão Network Analyst como instalações candidatas (Candidate Facilities - quadrados azul e branco). Para os pontos de procura (Demand Points - pontos verdes) foram utilizados os centros geométricos das subsecções estatísticas com os valores das classes de aptidão para depósito REEE, obtidas na sua área respetiva. E por último incluíram-se as áreas restritas (Polygon Barriers – área vermelha) como a figura 28 mostra.

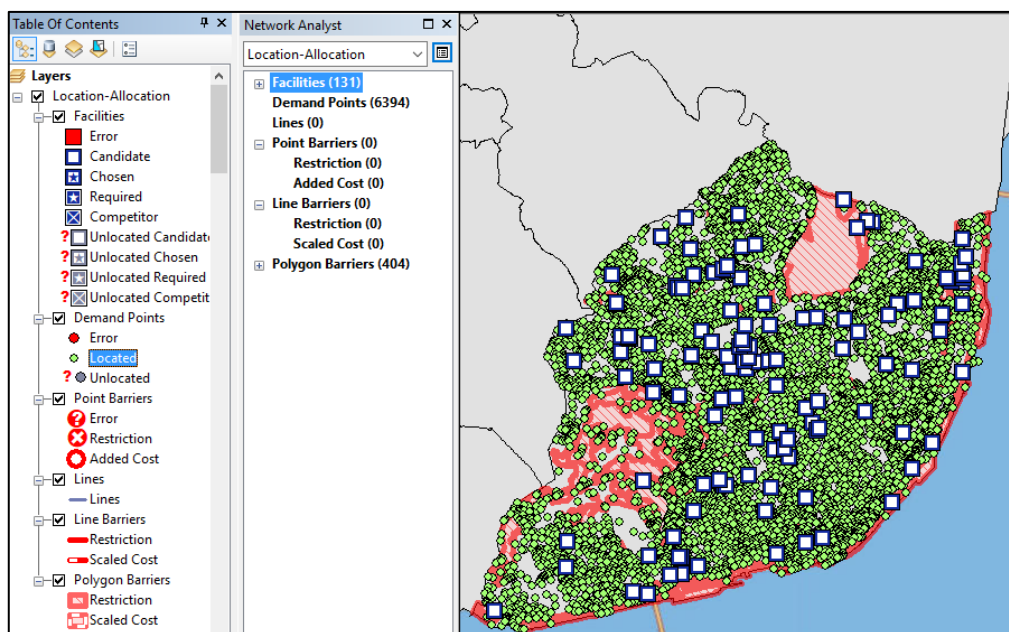


Figura 28 - Introdução dos dados.

Com o objetivo de maximizar a cobertura, os locais de recolha REEE são localizados em pontos candidatos de modo a que o maior número de pessoas seja alocado à solução, dentro das quatro áreas das classes de aptidão encontradas (alta, média, baixa e muito baixa). Este tipo de análise escolhe o ponto candidato que mais peso de procura tem na sua área de influência.

- 4) Depois da introdução dos dados, segue-se a configuração das propriedades da análise de alocação de localização incluindo a escolha do método, neste caso a maximização da cobertura.

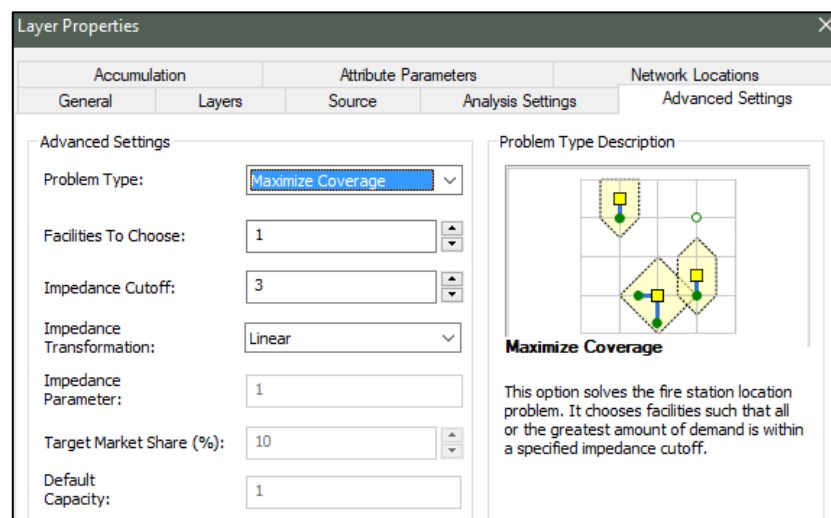


Figura 29 - Configuração das propriedades da análise.

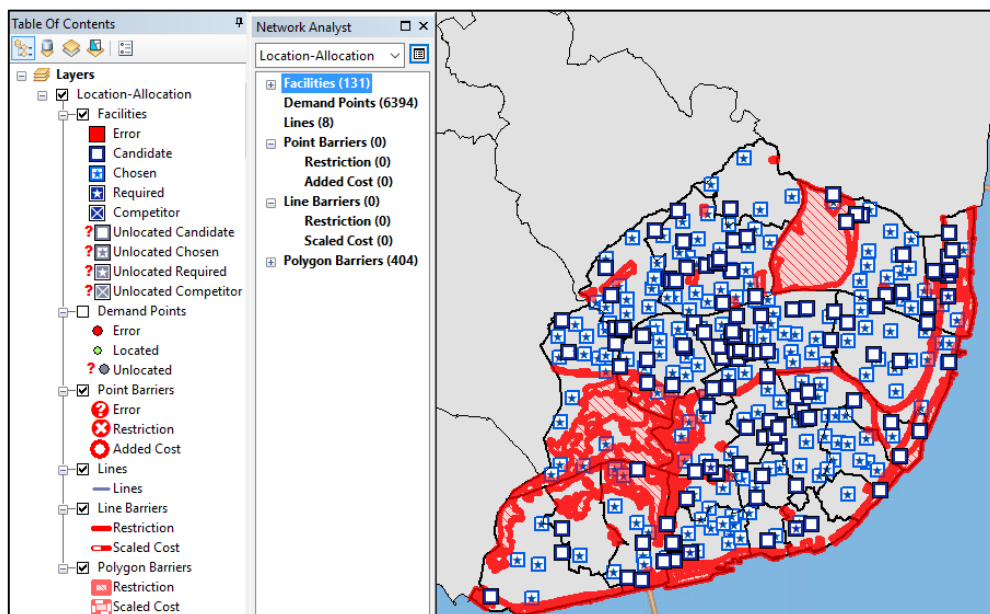


Figura 30 - Resultado obtido da análise à alocação-locução.

Depois de correr a análise, o resultado obtido para a determinação dos locais otimizados de deposição REEE mostra que apenas três pontos (Figura 30) coincidem com os mesmos locais existentes em 2014, porque o valor das classes de aptidão da população das respetivas subsecções estatísticas foi tido em conta no modelo. É visível na figura 31 uma maior concentração de pontos otimizados nas classes de aptidão elevadas.

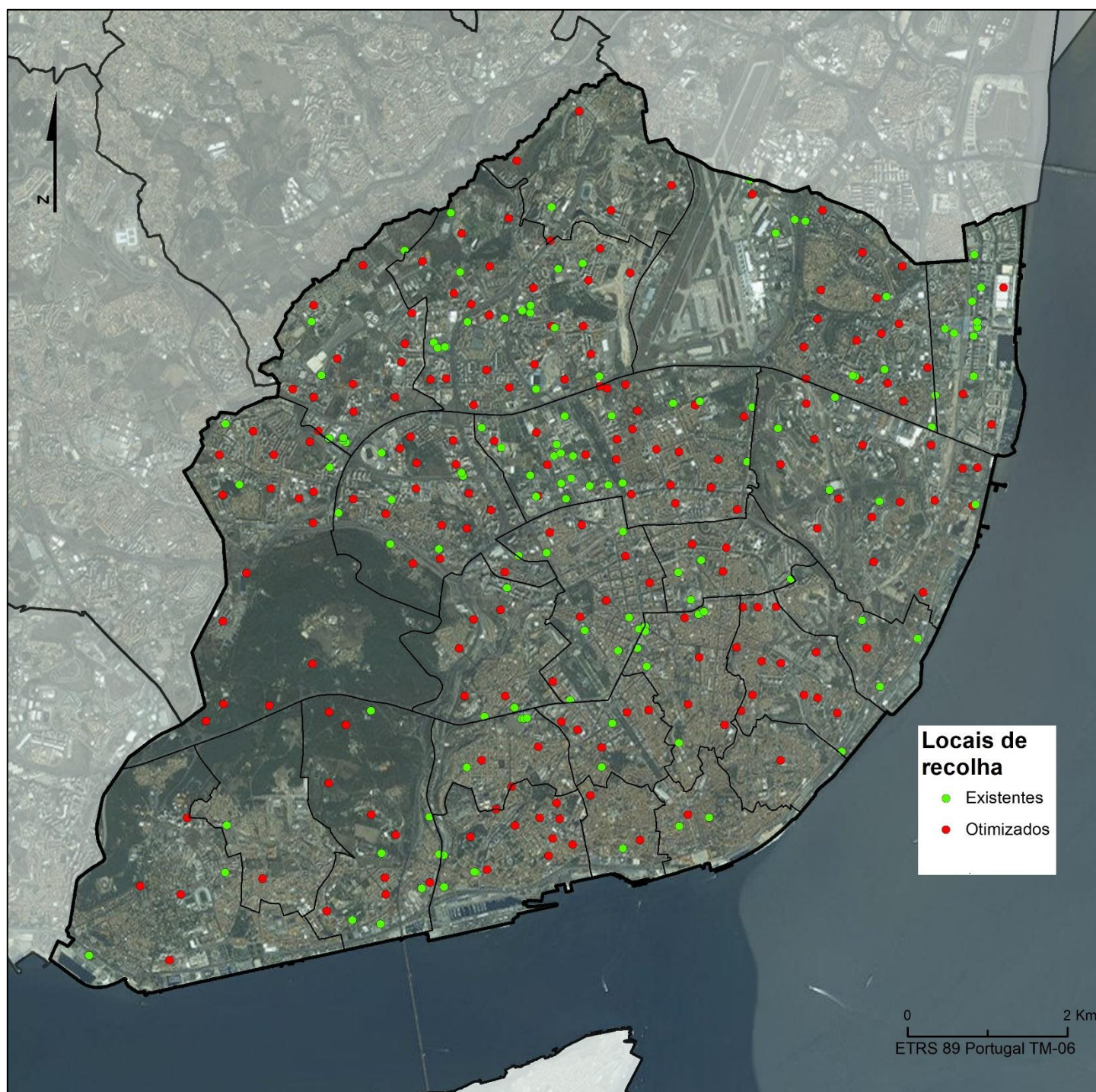


Figura 31 - Determinação dos locais otimizados para deposição REEE.

4.2 Áreas de influência

As áreas de influência dos locais para deposição podem indicar a relevância da sua amplitude espacial, na medida em que permitem aferir acerca da distância que um indivíduo se encontra disponível a percorrer para depositar REEE. Sendo o depósito deste tipo de resíduos específicos considerado uma tarefa primária, devido à perigosidade dos elementos químicos que os compõem, a sua permanência em locais inapropriados implica vários riscos no ambiente e para a saúde da população, razão da prioridade para a sua célere e apropriada recolha. Também é de esperar que os indivíduos não estejam disponíveis para percorrer distâncias muito elevadas, sobretudo se os aparelhos elétricos ou eletrónicos possuírem formas e pesos desconfortáveis para transportar manualmente.

Existiam no município de Lisboa, 131 pontos de recolha REEE no ano 2014. Ainda assim, com um rácio de 4181 habitantes por local de recolha, bem satisfatório, verifica-se que quaisquer indivíduos procuram percorrer a menor distância possível, razão pela qual, e com base em Christaller (1933) que indica que a distância económica é um elemento importante para determinar o alcance que um bem ou serviço possui, o que significa que se a distância for demasiado elevada, os indivíduos não vão adquirir/depositar este bem ou serviço pois torna-se mais dispendioso para estes, ou não irão adquiri-los/depositá-los, e assim sofrerão, neste caso concreto, as consequências negativas da sua permanência em locais inapropriados para o seu acondicionamento.

De acordo com Burton e Mitchell, (2006) propõem-se áreas de influência até 500m que se propagam através da rede viária (Figura 32), pois esta será uma distância aceitável de se percorrer para depositar REEE tendo em conta a dispersão de locais de recolha no território ocupado pelas classes de aptidão média e elevada para deposição em Lisboa, no caso das classes de aptidão baixa e muito baixa aumentou-se esta distância para os 800m, dando razão aos resultados obtidos para a população que reside nestes territórios, em teoria e por motivos diferentes (por exemplo: desempregada, baixa escolaridade ou densidade populacional, entre outros) terá taxas de deposição REEE inferiores, sendo considerada uma população que encara a reciclagem deste tipo de resíduos não prioritária, ou seja, como tarefa secundária.

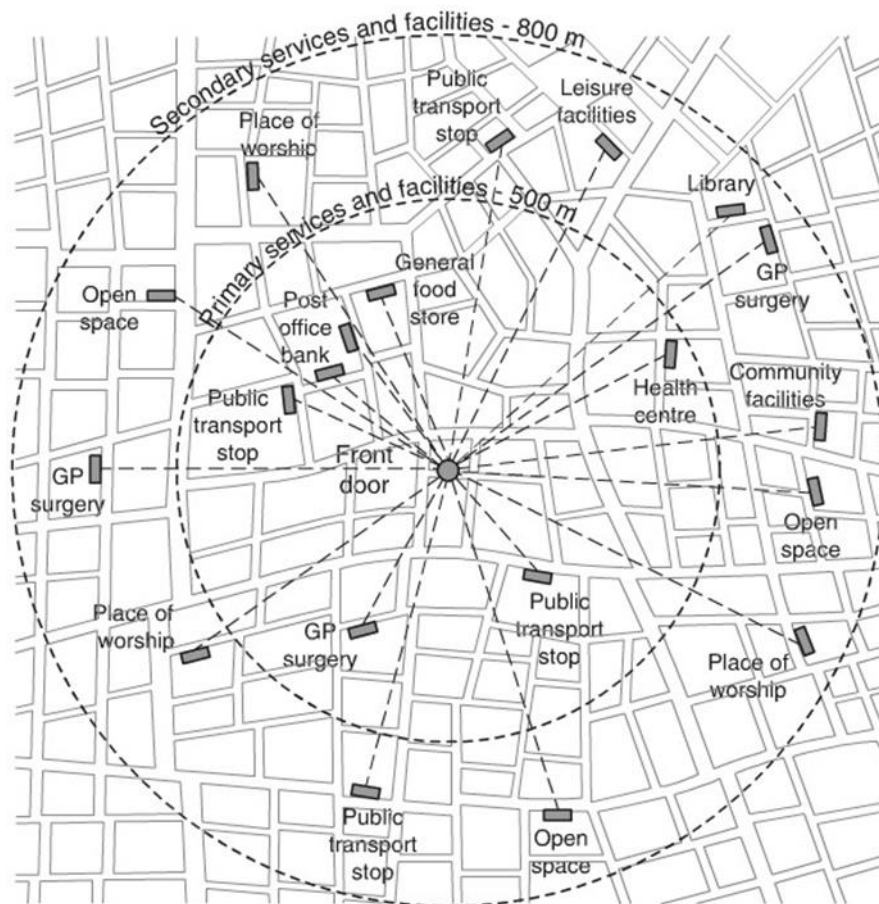


Figura 32 - Distância que um indivíduo se encontra disposto a percorrer para usufruir de determinado serviço.

Fonte: Burton e Mitchell, (2006).

Em aglomerados urbanos de dimensões mais reduzidas em que o número de pontos de recolha seja menor, pode-se observar um aumento ainda maior das áreas de influência. Estas áreas mostram a relevância dos locais para deposição, permitindo perceber o número de potenciais depositantes REEE que se encontra abrangido por um ponto de recolha, assim como a classe de aptidão para deposição REEE em que se insere esse território.

Seguem-se as etapas realizadas para obter as áreas de influência descritas: 1) para dar início ao método áreas de influência do software ArcGis procede-se de forma semelhante à análise location-allocation, ou seja, cria-se um novo layer de análise, mas desta feita, New Service Area na extensão Network Analyst. De seguida efetuam-se os passos 2) e 3) como efetuado para o método location-allocation. No próximo passo, as configurações das propriedades da análise das áreas de influência introduzem-se as distâncias pretendidas, neste caso 500m e 800m. Na figura 33 é possível perceber que as

áreas da classe de aptidão elevada e média estão acessíveis a uma distância de 500m entre si.

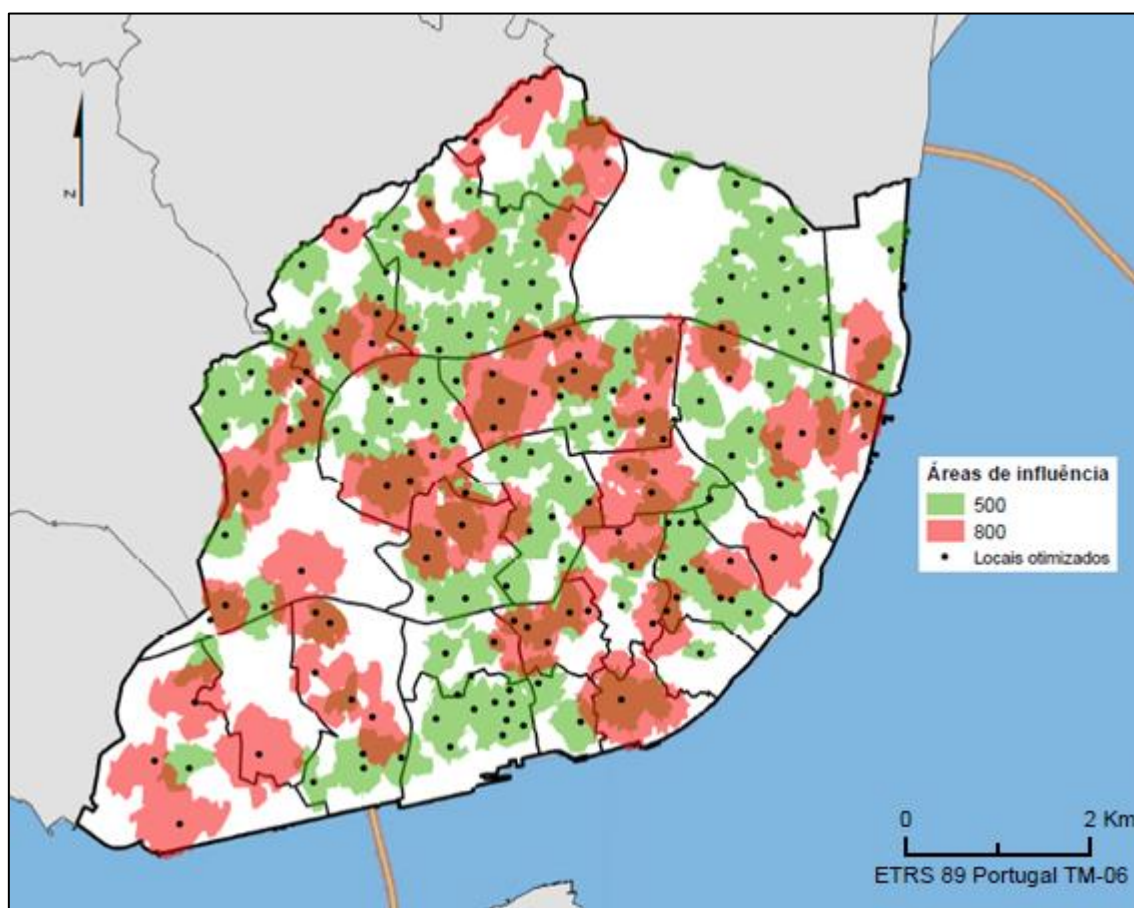


Figura 33 - Áreas de influência das classes de aptidão elevadas e média (500m - a verde), baixa e muito baixa (800m - a vermelho).

Quadro 32 - Frequência das classes de aptidão por população residente e número de locais de recolha abrangidos.

Nível de aptidão	População		N.º locais	
	Residente	%	deposição	%
Alta	79064	14,4	94	48
Média	145577	26,6	44	23
Baixa	166098	30,3	48	25
Muito Baixa	99644	18,2	9	5
Nula	17104	3,1	0	0
Área restrita	40246	7,3	0	0
Total	547733	100	195	100

Através das aplicações Location-Allocation e Sevice Area otimizaram-se o número e a distribuição geográfica dos locais de recolha necessários para que as respetivas áreas de influência abranjam todo o território das classes de aptidão alta, média, baixa e muito

baixa. O resultado obtido mostra que são necessários 195 pontos de recolha para servir a população que reside nas quatro classes de aptidão mencionadas (Figura 33 e Quadro 32).

Das freguesias com maior número de locais para deposição REEE, destacam-se Alvalade (22), Lumiar (21), Benfica (16), Olivais (16), Marvila (15) e São Domingos de Benfica (15). Opostamente, as freguesias apenas com um ponto contemplado para deposição REEE foram Ajuda, Beato, Santa Maria Maior e São Vicente (Quadro 33).

Quadro 33 - Comparação do número de locais de recolha existentes em 2013 e 2014 com os escolhidos pelo método localização-alocação.

Freguesias	N.º de Locais reee			N.º de Residentes
	2013	2014	Escolhidos	
Alvalade	18	20	22	31110
Lumiar	17	15	21	41163
Benfica	3	3	16	36821
Olivais	7	9	16	31459
Marvila	6	6	15	38102
S.Dom.de Benfica	2	2	15	33745
Carnide	10	10	12	23316
Penha de França	2	1	12	27967
Estrela	4	4	11	20116
Alcântara	6	7	9	13943
Avenidas Novas	7	8	8	21625
Campolide	4	3	5	15460
Santa Clara	7	7	5	21798
Santo António	3	2	5	11855
Areeiro	5	4	4	20131
Arroios	7	7	4	32262
Belém	1	2	4	16561
Parque das Nações	9	10	3	19577
Campo de Ourique	5	5	2	22132
Misericórdia	1	1	2	13041
Ajuda	1	1	1	15584
Beato	4	3	1	12429
Santa Maria Maior	1	1	1	12961
São Vicente	0	0	1	14575
Totais	130	131	195	547773

Comparando freguesia a freguesia notam-se diferenças no número de locais para deposição entre os existentes (2014) e os escolhidos, mas se atendermos ao número de

pontos que ocupavam todas às áreas das classes de aptidão para depósito REEE, há uma mudança significativa:

- Aptidão alta, existentes 8, escolhidos 94
- Aptidão média, existentes 20, escolhidos 44
- Aptidão baixa, existentes 56, escolhidos 48
- Aptidão muito baixa, existentes 35, escolhidos 9

4.3 Distribuição geográfica dos pontos de recolha por categoria REEE

Os locais de recolha da rede de ambas as EG, estão organizados em concordância a três tipologias de resíduos, de acordo com tamanho, grandes e pequenos equipamentos, e a fragilidade, no caso das lâmpadas, uma vez que por questões de segurança, é necessário assegurar que não é comprometida a sua integridade.

Com esta simplificação de tipos de locais de recolha, a única categoria REEE que implica uma localização otimizada no concelho de Lisboa é a dos grandes eletrodomésticos, em virtude de todos os locais de recolha serem adequados para depositar pequenos equipamentos e também receber lâmpadas.

É legítimo defender a tese que existe uma probabilidade maior de deposição REEE nas áreas de aptidão elevada para todas as categorias legais, em particular para a tipologia dos grandes eletrodomésticos, porque como observado no Capítulo I, esta é a categoria legal que tem maior peso em comparação a todas as outras. Ao somarmos a essa circunstância locais onde residem mais pessoas e tirando partido da dispersão geográfica que a classe de aptidão elevada evidência, obtemos a localização ótima dos pontos de recolha necessários para a categoria dos grandes eletrodomésticos.

Neste sentido, recorreu-se a análise espacial “Select by Location” do software ArcGis para seleccionar todas as subsecções estatísticas com maior número de residentes (entre 652 e 1168 indivíduos) no território identificado como classe de aptidão alta (Source layer), como “Target layer” entraram os pontos de recolha contidos nessa área, aplicando-se o método de seleção espacial denominado “intersecção” que cruzou ambos

os layers, encontrando-se vinte e um locais ótimos para recolher a categoria REEE dos grandes eletrodomésticos no concelho de Lisboa (Figura 34). Atualmente as duas EG, em conjunto dispõem apenas de uma dezena deste tipo de locais de recolha em Lisboa, a análise às quantidades recolhidas evidencia que existe um potencial bem mais elevado, no que respeita a recolha desta categoria legal em freguesias da cidade (por exemplo Areeiro com escassos 2342 kg ou Campo de Ourique 5150 Kg em todas as categorias REEE, no ano 2014).

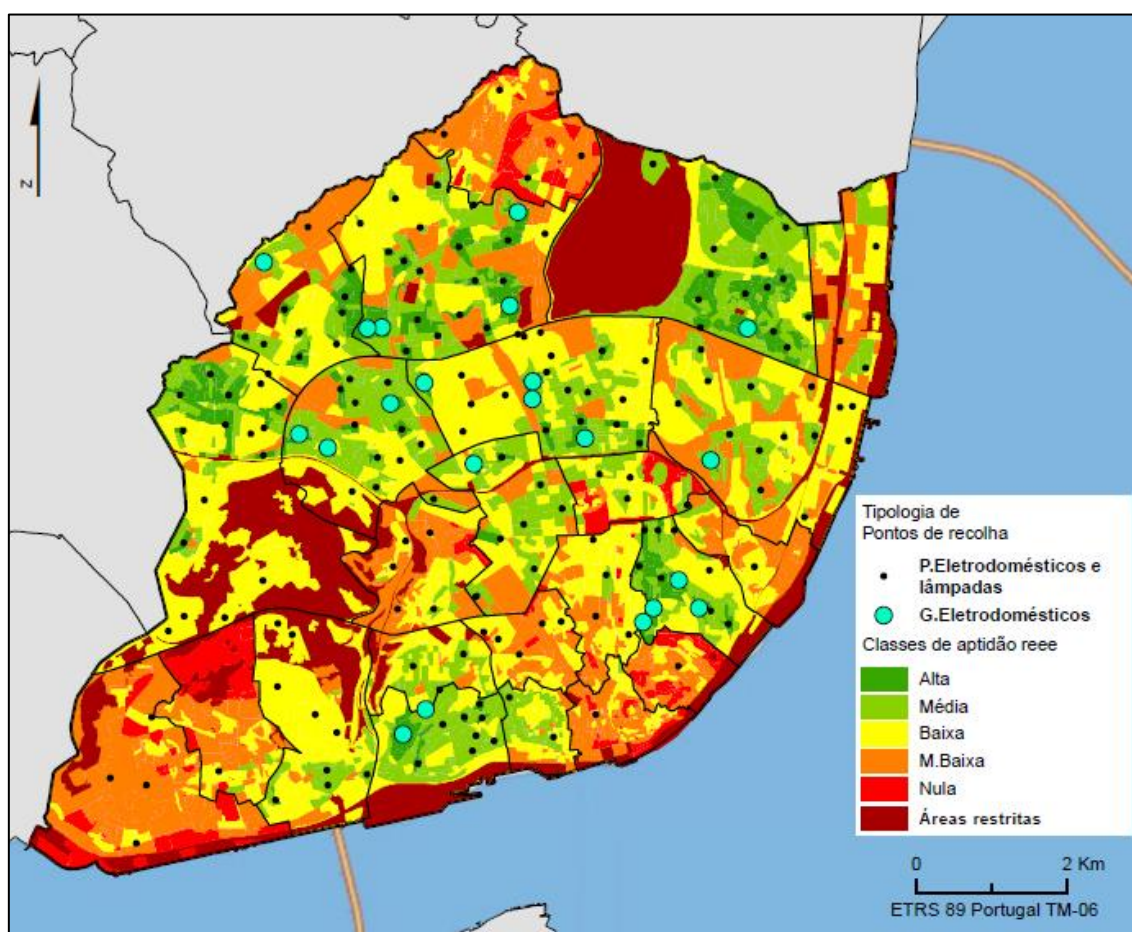


Figura 34 - Distribuição geográfica das três tipologias de local de recolha, pelas áreas de aptidão para depositar REEE por parte da população.

Neste sentido, escolheram-se vinte e um locais para responder à deposição da maioria dos grandes eletrodomésticos que existem na cidade por reciclar. As freguesias contempladas com locais para deposição de grandes eletrodomésticos são Alvalade (4), Lumiar (4), Arroios (4), São Domingos de Benfica (3), Estrela (2), Marvila (1), Carnide (1), Avenidas Novas (1) e Olivais (1). As categorias dos pequenos eletrodomésticos e das lâmpadas podem ser depositadas em todos os 195 locais escolhidos.

Considerações finais

Constatou-se que dos 131 pontos de recolha existentes no concelho de Lisboa, em 2014 apenas oito abrangem a população residente resultante da área da classe de aptidão alta (79064 indivíduos) obtida e vinte pontos de recolha servem a população da classe de aptidão média (145577 indivíduos). Efetivamente, quanto à sua distribuição geográfica, provou-se que existiam cinco pontos de recolha localizados em áreas de aptidão nula, ou seja, onde a população residente é escassa ou não é favorável ao depósito deste tipo de resíduo. Nas áreas restritas para o propósito de depositar REEE por parte da população localizaram-se sete pontos de recolha. O estudo revela que existiam apenas três pontos de recolha que se devem manter face à nova distribuição geográfica otimizada dos locais de recolha.

A metodologia multicritério utilizada na análise do potencial das áreas de aptidão para depositar REEE no concelho de Lisboa, demonstrou ser um meio bastante eficaz no processo de apoio à decisão com a identificação das melhores áreas para implementar os pontos de recolha. Com o processo analítico hierárquico foi possível hierarquizar o problema, definir as ponderações a atribuir aos critérios de avaliação e, ao mesmo tempo, avaliar a consistência dessa atribuição.

É visível no mapa da Figura 34, resultado da compilação das diferentes camadas de informação processadas na análise multicritério, que a adequabilidade para a deposição REEE pela população no concelho de Lisboa aumenta principalmente nas freguesias com maior área das classes aptidão alta e média, Olivais (ocupa maior área em ambas as classes) e Lumiar, por razões diferentes, se na primeira freguesia é devido à importância que o peso do fator quantidade recolhida em 2014 representa para a análise (1º lugar), na segunda freguesia é a posição cimeira que ocupa em três fatores, os residentes com um curso superior, os residentes empregados e os residentes com idade entre 15 e 64 anos.

Em oposição à anterior, a aptidão para depositar REEE diminui principalmente nas freguesias com maior área das classes aptidão baixa e muito baixa, que correspondem às freguesias de Benfica e Belém, respetivamente, pelo o que não são alheias a baixa densidade populacional verificada em ambas e a importância deste fator (2º lugar) para avaliação da aptidão para a recolha REEE.

Os resultados do modelo de localização-alocação demonstram que são necessários 195 locais de recolha para abranger a população de todas as classes de aptidão, 21 destes destinados à deposição da categoria grandes eletrodomésticos, sendo que todos os locais podem receber as duas outras tipologias, ou seja, pequenos eletrodomésticos e lâmpadas. Os melhores locais, para maximizar a recolha, são as freguesias de Alvalade, Lumiar, Benfica, Olivais, Marvila e São Domingos de Benfica.

Este trabalho representa um contributo para uma melhor compreensão das características que levam a população a reciclar REEE, como funciona a rede de recolha deste fluxo específico de resíduo e para adequar ambas no sentido de aumentar as taxas de recolha deste tipo de resíduos. Verifica-se que o concelho de Lisboa apresenta 6,2 % de aptidão elevada. Considerando os critérios utilizados, referem-se como mais importantes a quantidade REEE depositada em 2014, com ponderação de 36% (as quantidades depositadas em anos anteriores revelam um padrão relativamente constante dos locais que recolhem mais e menos resíduos, a nível local e regional) e a densidade populacional (não é por acaso que as NUTS III de Lisboa e Porto se destacam na quantidade recolhida) com ponderação de 23,8%.

A utilidade dos SIG aliados a este modelo é a possibilidade de considerar os mesmos critérios ou acrescentar outros, para o estudo do potencial para deposição REEE em outros locais. Também neste tipo de análise de apoio à decisão, simular cenários de acordo com determinados critérios permite promover medidas preventivas de modo a garantir a saúde pública, um ambiente são e o bem-estar das populações.

A maior dificuldade encontrada no estudo deveu-se sobretudo à escolha das variáveis que iriam fazer parte da investigação. Em primeiro lugar, existem diversos fatores (ambientais, situacionais, psicológicos, etc.) que podem determinar o comportamento de um reciclador, e em segundo lugar, não existe unanimidade na comunidade científica internacional que investiga esta matéria, sobre quais as variáveis que têm maior influência na decisão de um consumidor para reciclar.

Este trabalho também contou com algumas limitações, nomeadamente na obtenção e posterior tratamento dos dados, por um lado só foi disponibilizada informação completa, de ambas as EG, dos anos 2013 e 2014, certamente a consistência oferecida

por séries de cinco anos, ou mais, garantiria à presente investigação resultados ainda mais sólidos. Por outro lado, cerca de metade dos pontos de recolha REEE, em todo o país, foi alvo de correção relativa à sua verdadeira localização. O tratamento de um volume de dados destas dimensões é um processo moroso, necessário e de extrema concentração para diminuir ao máximo possíveis erros humanos.

Este estudo permitirá uma base de trabalho importante para futuras pesquisas e novos desenvolvimentos nesta área. A elaboração de mapas de aptidão para depositar determinados fluxos específicos de resíduos, com o objetivo primordial de aquisição de informação geográfica e desenvolvimento de cartografia pormenorizada bem como, a partilhada desta informação pelos organismos públicos e privados serão novas conquistas fundamentais ao futuro deste sector ambiental. É nossa responsabilidade atuar, informar e dar respostas mais fidedignas de suporte à decisão, contribuindo assim para um futuro mais sustentável que garanta um ambiente seguro com maior número de recursos para as gerações vindouras.

Bibliografia

Achillas C, Vlachokostas C, Moussiopoulos T, Baniass G (2010) Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: a case study in Greece. *Waste Manage* 30(5):870-879

Adler, N., Hakkert, A.S., Kornbluth, J., Raviv, T., Sher, M., 2014. Location-allocation models for traffic police patrol vehicles on an interurban network. *Ann. Oper. Res.* 221, 9–31. doi:10.1007/s10479-012-1275-2

Amb3e (2015). Relatório anual de atividades 2015, Amb3e - Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos. Disponível via URL: www.amb3e.pt. Acedido em 16 junho 2016.

Agência Portuguesa de Ambiente APA, (2016). Relatórios de atividade anuais do fluxo específico – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos. Disponível via URL: www.apambiente.pt. Acedido em 16 junho 2016

Arbuthnot, J. (1974). Environmental knowledge and recycling behavior as a function of attitudes and personality characteristics. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 1, 119-121.

Baldé P., Wang, F., Kuehr R., Huisman, J. (2015). " The Global E-waste Monitor 2014: Quantities, Flows and Resources" United Nations University, Inst. for the advanced study on sustainability, Germany, Bonn.

Barr S, Gilg A W, Ford N J, (2001). "Differences between household waste reduction, reuse and recycling behaviour: A study of reported behaviours, intentions and explanatory variables" *Journal of Environmental and Waste Management* 4(2) 69–82.

Barr, S. (2002). *Household Waste in Social Perspective: values, attitudes, situation and behaviour*, Aldershot, Ashgate.

Barr, S., Ford; N.J. e Gild, A.W. (2003). Attitudes towards recycling. Household waste in Exeter, Devon: quantitative and qualitative approaches, *Local Environment*, vol8, nº4, pp. 407-421.

Burton, e Mitchell, L. (2006). *Inclusive urban design: Streets for life*. Oxford: Architectural Press.

Buttel e F. L Flinn, W. (1976). Environmental politics: The structuring of partisan and ideological cleavages in mass environmental concern. *Sociological Quarterly*, 17,477-490.

CE (2000b). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council on WEEE and a Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council on the restriction of use certain hazardous substances in EEE. Comissão Europeia: COM 347.

Christaller, W. (1933). - *Die zentralen Orte in Suddeutschland*. Jena: Gustav Fischer. (Translated (in part), by Charlisle W. Baskin, as "Central Places in Southern Germany". Prentice Hall, 1966.

Comber, A., Dickie, J., Jarvis, C., Phillips, M., Tansey, K., (2015). Locating bioenergy facilities using a modified GIS-based location–allocation–algorithm: Considering the spatial distribution of resource supply. *Appl. Energy* 154, 309–316. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.04.128

Costa, R. (2007) *Modelo de localização de Sistemas de Águas Residuais*; Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica; ISEGI–UNL, Lisboa

Cucchiella F., D'Adamo I., Koh L., Rosa P. (2015). " Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, pp. 263-272.

Decreto-Lei n.º 67/2014 do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia que aprova o regime jurídico da gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos, transpondo a Diretiva n.º 2012/19/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012. Diário da República n.º 87/2014, Série I de 2014-05-07, pp. 2670 – 2692.

Dennison, G.J., Dodd, V.A., Whelan, B., (1996). A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland – I Waste composition. *Resources, Conservation and Recycling* 17, pp.227-244.

De Young, R. (1986). Some psychological aspects of recycling, *Environment and Behavior*, 18(4), pp. 435–449.

Derksen, L. e Gartrell, J. (1993). “The Social Context of Recycling” in *American Sociological Review*, vol.58, pp.434-442.

Diretiva n.º 2002/95/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrónicos. *Jornal Oficial da União Europeia*, L37, pp.19-23.

Diretiva n.º 2002/96/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE). *Jornal Oficial da União Europeia*, L37, pp.24-39.

Dunlap, R.E. (1975). The impact of political orientation on environmental attitudes and actions. *Environment and Behavior*, 7, 428–454.

ERP Portugal (2015). Relatório Anual de Actividade, European Recycling Platform - Portugal. Disponível via URL: www.erp-recycling.pt. Acedido em 16 junho 2016.

Esteves, F. F. (2010). O contributo dos SIG para compreender a relação entre os episódios extremos de temperatura e de variabilidade térmica na época de transição Primavera-Verão e a ocorrência de enfartes do miocárdio no concelho do Porto. Universidade do Porto, Porto.

Fotheringham, A.S., Densham, P.J., Curtis, A., (1995). The zone definition problem in location-allocation modeling. *Locat. Sci.* 3, 64. doi:10.1016/0966-8349(95)97848-E

Folz, David and Joseph M. Hazlett (1991). Public Participation and Recycling Performance: Explaining Program Success. *Public Administration Review*, 51, No. 6., 526-533.

Gabriel, L. (2013). *Modelação Espacial de Fatores de Localização das Empresas de Design em Lisboa*. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.

Gamba, R. J. e Oskamp, S. Ž. (1994). Factors influencing community residents participation in commingled curbside recycling programs. *Environment and Behavior* 26, 587-612.

Garcia, J. L. (1998). *Sensibilidade, Cidadania e Responsabilização*. Workshop: Os Portugueses e o Ambiente. Resultados do Inquérito Nacional, OBSERVA, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 29 de Janeiro.

Gardner, G. e Stern, P. (1996). *Environmental Problems and Human Behavior*, New York, Allyn and Bacon.

Gamberini, R., Gebennini, E., Rimini, B., (2009). “An innovative container for WEEE collection and transport: Details and effects following the adoption”. *Waste Management* 29, 2846-2858.

Gomes, M.I., Barbosa-Povoa, A., Novais, A. (2011), “Modelling a recovery network for WEEE: A case study in Portugal”, *Waste Management*, 31, pp.1645-1660;

Gonçalves, G. (1997). *Fatores de Sensibilização e Mudança na Promoção do Comportamento de Reciclagem de Papel numa População Escolar*, tese de mestrado em Sociologia Aprofundada a Realidade Portuguesa, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas.

Gonçalves, G., e Painho, M. (1997). «Fatores de sensibilização na promoção da reciclagem de papel em escolas», in 4.º Congresso Nacional de Engenheiros do Ambiente, APEA, Faro, 8 a 10 de Maio.

Gonçalves, Maria G. P. e Martinho, Maria G. M (2000) Gestão de Resíduos, Lisboa, Universidade Aberta;

Harris, R., Sleight, P., Webber, R. (2005). - Geodemographics, GIS and neighbourhood targeting. West Sussex, England: Wiley.

Hillsman, E., (1984), The p-median structure as a unified linear model for Location-Allocation Analysis. Environmental and Planning A, 16, 305-318.

Hodgson, M.J., Rosing, K.E., Leontien, A., Storrier, G., (1996). Applying the flow-capturing location-allocation model to an authentic network: Edmonton, Canada. Eur. J. Oper. Res. 90, 427–443. doi:10.1016/0377-2217(95)00034-8

Instituto Nacional de Estatística (2012). Censos 2011: Resultados definitivos - Região de Lisboa.

IPTS (2006). Implementation of the Waste Electric and Electronic Equipment Directive in the EU, Institute for Prospective Technological Studies. European Commission - DG Joint Research Centre. Luxembourg.

Jacobs, Harvey E., Jon S. Bailey, and James I. Crews (1984). Development and Analysis of a Community Based Resource Recovery Program, Journal of Applied Behavioral Analysis, 17 (Summer), 127-145.

Johns Hopkins Magazine, (April 1997). Science & Technology, What is Location Science? Baltimore.

Katzev, R. D.; Johnson, T. R. (1984). Comparing the Effects of Monetary Incentives and Foot-In-Door Strategies in Promoting Residential Electricity Conservation. Journal of Applied Psychology, No14, pp. 12-27.

Kipperberg, Gorm, (2007). A Comparison of Household Recycling Behaviors in Norway and the United States, *Environmental & Resource Economics*, 36, 215-235.

Kotler, P., (2000). *Marketing Management*, Millenium Edition. *Mark. Manag.* 23, 188–193. doi:10.1016/0024-6301(90)90145-T

Lansana, F. (1992). Distinguishing potential recyclers from nonrecyclers: a basis for developing recycling strategies. *Journal of Environmental Education*, 23, 16-23.

Lake, R., Bateman, I., Parfitt, J. (1996). Assessing a Kerbside Recycling Scheme: A Quantitative and Willingness to Pay Case Study, *Journal of Environmental Management*, 46, pp. 239-254.

Lima, A. V. (1998). Os Portugueses e o Ambiente. Resultados do Inquérito Nacional. Representações e Valores sobre a Natureza e o Ambiente. Workshop: Os Portugueses e o Ambiente. Resultados do Inquérito Nacional, OBSERVA, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 29 de janeiro.

Lin, H.Y., Chen, G.H., Lee, P.H., Lin, C.H., (2010). An interactive optimization system for the location of supplementary recycling depots. *Resources, Conservation and Recycling* 54, 615-622.

Maheshwar D., Mittal R. K., (2015). Willingness of residents to participate in e-waste recycling in India. *Environment development*, DOI: 10.1016/j.envdev.2013.03.001

Margai, F. L. (1997). Analyzing Changes in Waste Reduction Behavior in a Low-Income Urban Community Following a Public Outreach Program. *Environment and Behavior*, 29 (e), pp. 769-792.

Martinho, Maria G. M., (1998). Tese de doutoramento em engenharia do ambiente, intitulada “Fatores determinantes para os comportamentos da reciclagem”, UNL.

McGuire, Randall H. (1984). Recycling: Great Expectations and Garbage Outcomes, *American Behavioral Scientist*, 28 (September-October), 93-114.

McQuaid, R., W. Murdock, A. R. (1996). Recycling Policy in Areas of Low Income and Multi-storey Housing. *Journal of Environmental Planning and Management*, 39 (4), pp. 545-562.

McStay, S., Dunlap, R. E. (1983). Male-female differences in concern for environmental quality. *International Journal of Women's Studies*, 6, 291-301.

Méndez, Y., Guardia, L., (2008). Problema do caminho mais curto- Algoritmo de Dijkstra (Rio de Janeiro- Brasil: SPOLM).

Méndez R (1997): *Geografía Económica, La Lógica del Capitalismo Global*, Ariel Geografía, Barcelona.

Meneses, G. D., e A. B. Palacio., (2005). "Recycling Behavior: A Multidimensional Approach." *Environment and Behavior* 37(6), 837-860.

Mestre, A.M., Oliveira, M.D., Barbosa-Póvoa, A.P., (2014). Location-allocation approaches for hospital network planning under uncertainty. *Eur. J. Oper. Res.* 240, 791–806. doi: 10.1016/j.ejor.2014.07.024

Mgaya, P., Nondek, L., (2004). "Disposal frequencies of selected recyclable wastes in Dar es Salaam". *Waste Management* 24, 927-933.

Milbrath, L. W. (1984). *Environmentalists: Vanguard for s New Society*. Albany: State University, New York Press.

Milovantseva, N., Saphores, J.D., (2013), "E-waste bans and U.S. households' preferences for disposing of their e-waste", *Journal of Environmental Management*, 124, pp.8-16;

Mohai, P., Twight, B. (1987). Age and environmental concern: an elaboration of the Buttel model using national survey evidence. *Social Science Quarterly*, 68, pp.798-815.

Morf, L.S. (2007). Metals, non-metals and PCB in electrical and electronic waste Actual levels in Switzerland. *Waste Management* 27, pp.1306-1316.

Niza S. Santos E., Costa I., Ribeiro P., Ferrão P. (2014). Extended producer responsibility policy in Portugal: A strategy towards improving waste management performance. *Journal of Cleaner Production* 64(1) 277-287. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.07.037

Oskamp, S.; Hanington, M.; Edwards, T.; Shewood, D.; Okuda, S.; Swanson, D. (1991). Factors influencing household recycling behavior. *Environment and Behavior*, 23 (4), 494-519.

Oliveira, C., Sebastião, D., Branco, M., Correia, L.M. (2010 -2014). Factos sobre a Utilização e (Des)preocupação dos Jovens Portugueses com os Telemóveis. INOV – INESC Inovação / Instituto Superior Técnico Universidade de Lisboa.

Ongondo, F.O. (2011). “How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes”, *Waste Management*, 31, pp. 714-730;

Ostman, R.E.; Parker, J. L. (1988). Impact of Education, Age, Newspapers and Television on Environmental Knowledge, Concerns and Behaviors. *Journal of Environmental Education*, Vol. 19, No1, pp. 3-9.

PERSU 2020. Plano Estratégico de Resíduos Urbanos, APA – realizado em julho 2014.

Queiruga, D., Benito, J., Lannelongue, G., (2012). “Evolution of the electronic waste management system in Spain”, *Journal of Cleaner Production*, 24, pp. 56-65;

Quercus (1994). Inventariação e Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal. Relatório Prévio, Gabinete Técnico de Lisboa da Quercus-Associação Nacional de Conservação da Natureza.

ReVelle C., Swain R.W., (1970): Central Facilities Location”. *Geographical Analysis*, 2, pp.30-42.

Ribeiro, V. (2010). Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de análise de distâncias; Revista GeoPlanUM, I Edição, p.3-7

Robinson, B.H. (2009). “E-waste: An assessment of global production and environmental impacts” Science of the Total Environment 408. Pág. 183-191.

Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences. Vol. 1: pp. 83-98.

Schahn, J.; Holzer, E. (1990). Studies of individual environment concern: the role of knowledge, gender, and background variables. Environment and Behavior, **22** (6), 767-786.

Schultz, P. W. e Stone, W. F. (1994). Authoritarianism and attitudes toward the environment: field and laboratory perspective. Environment and Behavior, 26,26-37.

Schultz, P. W., Oskamp, S. & Mainieri, T. (1995) Who recycles and when? A review of personal and situational factors, Journal of Environmental Psychology, 15, pp. 105–121.

Shmelev e Powell (2005) Ecological Economics: Sustainability in Practice. Springer Science & Business Media.

Silva, A. (2009) Otimização da recolha de resíduos urbanos; Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente; Universidade de Aveiro; Aveiro

Solé, M., Watson, J., Puig, R. e Fullana-i-Palmer, P., (2012), “Proposal of a new model to improve the collection of small WEEE: a pilot project for the recovery and recycling of toys”, Waste Management & Research, 30, pp. 1208-1212;

Spaccarelli, Steve, Edwin Zolik, and Leonard A. Jason (1989-90). Effects of Verbal Prompting and Block Characteristics on Participation in Curbside Newspaper Recycling, *Journal Of Environmental Systems*, 19,45-57.

Thrall, G.I., (2002). *Business geography and new real estate market analysis*. Oxford University Press, Inc.

Tristany, M.; Coelho, J. (2003) Breve apresentação e discussão em torno dos Sistemas de Informação Geográfica; *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, Lisboa

Tucker, P. (1999). A survey of attitudes and barriers to kerbside recycling, *Environmental and Waste Management*, 2(1), pp. 55–62.

UN (2007). 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste and Electrical and Electronic Equipment (WEEE). United Nations University. Relatório Final, Bonn.

Van Liere, K. D. BE Dunlap, R. E. (1980). The social bases of environmental concern: a review of hypotheses, explanations and empirical evidence. *Public Opinion Quarterly*, 44,181-197.

Vining, Joanne, and Angela Ebreo (1990). What Makes a Recycler? A Comparison of Recyclers and Nonrecyclers, *Environment and Behavior*, 22 (January), 55-73.

(WEEE 2003) Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) – Joint declaration of the European parliament, the Council and the Commission relating to Art.9,<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0096:EN:HML> - Acedido em 28 de dezembro de 2017

Werner, C. M., e Makela, E. (1998). Motivations and behaviors that support recycling. *J Environ Psychol*, 18, 373–86.

Yin J., Gao Y., Xu H. (2013). Survey and analysis of consumers' behaviour of waste mobile phone recycling in China. *Journal of Cleaner Production* 65(15) 517-525. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.10.006